DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER MITWIRKUNG VON

J. BARTELS · E. BEDERKE · H. BROCKMANN · P. TEN BRUGGENCATE · C. W. CORRENS · H. v. FICKER
R. GRAMMEL · O. HAHN · R. HARDER · M. HARTMANN · W. HEISENBERG · K. HENKE · A. KÜHN
M. v. LAUE · H. MARTIUS · R. W. POHL · H. REIN

HERAUSGEGEBEN VON

ARNOLD EUCKEN

ORGAN DER MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN
ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

37. JAHRGANG | HEFT 9 (ERSTES MAIHEFT) | 1950

INHALT:

AUFSÄTZE. Seite

Wie entsteht ein Wirbel in einer wenig zähen Flüssigkeit? Von A. BETZ . . . 193
Über den makromolekularen Stoffwechsel der Organismen. Von G. V. SCHULZ . . . 196
Haben Bakterien einen Zellkern? Zur Definition des Zellkerns. Von GERH. PIEKARSKI . . . 201

BERICHTE.

Goethes Geologie. Von WOLF v. ENGELHARDT . . . 205

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über Nickel-tetra-phenylisonitril. Von FRIEDRICH KLAGES und KARL MÖNKEMEYER . . . 210
Über die Kristallstruktur der Disilicide von Lanthaniden. Von GEORG BRAUER und HEINZ HAAG . . . 210
Zur Frage der Bindung des Calciums an Serumproteine. Von ROBERT KLEMENT . . . 211
γ- und δ-Heptachlorcyclohexan. Geruchskomponenten des technischen Hexachlorcyclohexans. Von GEORG SCHEUING † und CURT VOGELBACH . . . 211
Eine neue Funktion des Lactoflavins. Steuerung des biologischen Dualismus der Porphyrine und Katalyse der Hämsynthese. Von W. STICH . . . 212

BESPRECHUNGEN.

H. HARTING, Photographische Optik. (Ref.: OTMAR STENGER) 213
P. GOMBÁS, Die statistische Theorie des Atoms und ihre Anwendungen. (Ref.: F. SAUTER) . . . 213
Wissenschaftliche Arbeiten des Deutschen Meteorologischen Dienstes im Französischen Besatzungsgebiet. (Ref.: J. BARTELS) . . . 213
FRANZ BERGER, Handbuch der Drogenkunde. (Ref.: R. JARETZKY) . . . 214
GREGORY PINCUS, Recent Progress in Hormone Research. (Ref.: F. ZILLIKEN) . . . 214
GÖSTA GUSTAFSON, The structure of human dental enamel, a histological study by means of incident light, polarized light, phase contrast microscopy, fluorescence microscopy and microhardness tests. (Ref.: W. J. SCHMIDT) . . . 215
S. L. POLYAK, The Retina. (Ref.: G. v. STUDNITZ) . . . 216

Berichtigung . . . 216

Neue Entwicklungen auf dem Gebiete der Chemie, des Acetylens und Kohlenoxyds

Von

Dr. phil., Dr. phil. nat. h. c., Dr.-Ing. eh.

Walter Reppe

Direktor der Badischen Anilin- u. Soda-Fabrik Ludwigshafen a. Rh.
Leiter der Forschungslaboratorien

Mit 40 Textabbildungen. VIII, 184 Seiten. 1949. DMark 21.—; Ganzleinen DMark 24.60

Inhaltsübersicht:

Einleitung. I. Vinylierung: Vinyläther. Vinylsulfide. Polyoxystyrole. Vinylester höherer Fettsäuren. Vinylamine. Vinylierung des Ammoniaks. Vinylierung der Säureamide. Quaternäre Vinylammonium-Verbindungen. Schlußbemerkungen. — **II. Äthinylierung:** Propargylamine und ihre Substitutionsprodukte. Aminobutine. Alkinole und Alkindiole aus Aldehyden. Auswirkungen der neuen Alkinolsynthesen. Alkinole und Alkindiole aus Ketonen. Schlußbemerkungen. — **III. Cyclisierende Polymerisation:** Cyclopolyolefine. Benzol, Benzolderivate und hydroaromatische Verbindungen aus Acetylenen bzw. Acetylenen und Vinylverbindungen. Schlußbemerkungen. — **IV. Carbonylierung:** Synthese der Acrylsäure und ihrer Derivate. Synthese von Carbonsäuren und ihren Derivaten. Synthese von Aldehyden und primären Alkoholen („Oxo-Synthese"). Synthese mit Metallcarbonylwasserstoffen als Katalysatoren. — Schlußbemerkungen. Übersicht über die Vinylierungsreaktionen. Übersicht über die wichtigsten Vinylverbindungen. Beispiele für die Herstellung von Vinylverbindungen. Hauptanwendungsgebiete und Handelsmarken der Polyvinyläther. Reaktionsprodukte aus Alkylolaminen und Acetylen. Reaktionsprodukte aus Aminen und Acetylen. Sicherheitsmaßnahmen beim Arbeiten mit Acetylen unter Druck im Laboratorium. Alkinolsynthese mit Formaldehyd. Reaktionen mit γ-Butyrolakton. Polyamidbausteine auf Acetylenbasis. Alkinolsynthese mit Acetaldehyd. Alkinole aus Acetylen bzw. substituierten Acetylenen mit Aldehyden und Ketonen. Umsetzung des Acetons mit Acetylen. Umsetzung des Cyclohexanons mit Acetylen. Reaktionen des Cyclooctatetraens unter Erhaltung des Achtrings. Reaktionen des Cyclooctatetraens nach Typ II und III. Verzeichnis der aus Cyclooctatetraen hergestellten Verbindungen. Literaturverzeichnis. — Sachverzeichnis.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen zweimal monatlich und können durch jede Sortimentsbuchhandlung bezogen werden. Preis vierteljährlich 12.— DMark, für das einzelne Heft 2.50 DMark, zuzüglich Postgebühren.

Nachdruck: Der Verlag behält sich das ausschließliche Recht der Vervielfältigung und Verbreitung aller in dieser Zeitschrift zum Abdruck gelangenden Beiträge sowie ihrer Verwendung für fremdsprachige Ausgaben vor.

Sonderdrucke: Den Verfassern von Originalbeiträgen und Kurzen Originalmitteilungen stehen 75 Exemplare kostenfrei zur Verfügung.

Anzeigen werden von der Anzeigenabteilung des Verlages (Berlin W 35, Reichpietschufer 20 [Britischer Sektor], Tel. 912937) angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe und des Platzes erfragen.

Vertriebs-Vertretungen des Verlages im Ausland:

Lange, Maxwell & Springer Ltd., 41—45 Neal Street, London, W.C.2
Lange, Maxwell & Springer S.A., 24, Rue des Ecoles, Paris (V°)
Lange, Maxwell & Springer A.G., Basel 15, Neuweiler Straße 53

Springer-Verlag

Berlin · Göttingen · Heidelberg

Redaktionelle Hinweise.

I. Allgemeines.

1. Bei der Einsendung von Manuskripten an „Die Naturwissenschaften" bittet die Redaktion die Herren Autoren, stets im Auge zu behalten, daß die Zeitschrift in erster Linie den Wünschen und Interessen des weiten Kreises ihrer Leser zu dienen hat und daß daher ihnen gegenüber Sonderwünsche der Herren Autoren in bezug auf Inhalt, Form und Umfang ihrer Veröffentlichung zurücktreten müssen, falls die Redaktion dies für erforderlich hält.

2. Vor allem bittet die Redaktion, von der Einsendung von Aufsätzen Abstand zu nehmen, die nur für einen eng begrenzten Leserkreis verständlich und von Interesse sind, und die daher in einer Fachzeitschrift ihren richtigen Platz haben. Ausnahmen bilden knapp gefaßte Schilderungen der Ergebnisse eben fertiggestellter Arbeiten; für diese ist die Rubrik „KOM" („Kurze Originalmitteilungen") vorgesehen. Wegen Platz- und Papiermangels sind allerdings auch hier gewisse Einschränkungen nötig. In bezug auf den Inhalt: Angenommen werden können nur wirklich wichtige Arbeiten (z. B. keine bloßen Analogiearbeiten). In bezug auf den Umfang: Im Durchschnitt kann für eine einzelne KOM nur der Raum einer Spalte (etwa 1000 Silben) zur Verfügung gestellt werden.

3. Autoren, namentlich solche, welchen die Gepflogenheiten bei Veröffentlichungen in den „Naturwissenschaften" noch nicht bekannt sind, werden gebeten, in die ausführlichere Darstellung der allgemeinen redaktionellen Richtlinien Einblick zu nehmen, welche in Heft 1 des 33. Jahrgangs abgedruckt sind. Ergänzend sei hier bemerkt, daß die Rubrik „Tagesnotizen" in Zukunft nicht fortgeführt wird, daß also Einsendungen für diese zwecklos sind.

II. Spezielle Hinweise.

Alle Sendungen und Zuschriften sind zu richten an:

Redaktion der Naturwissenschaften,

(20b) Göttingen, Bürgerstraße 50.

In sämtlichen Fällen erhalten die Autoren eine Bestätigung über das Eintreffen von Manuskripten sowie über deren Annahme oder Ablehnung. In den Aufsätzen sind seltene und nur einem kleinen Leserkreis verständliche Fachausdrücke nach Möglichkeit zu vermeiden oder in einer Fußnote kurz zu erläutern. Literaturzitate sind fortlaufend zu numerieren; die angeführten Arbeiten werden dann in einem Literaturverzeichnis am Schluß der Arbeit zusammengestellt. Bei Erläuterung des Textes durch Figuren ist überflüssiger Aufwand zu vermeiden. Figurenvorlagen für Strichätzungen sind so sorgfältig herzustellen, daß nach ihnen ohne weitere Rückfragen Reinzeichnungen angefertigt werden können. Diese werden zur Zeitersparnis den Autoren im allgemeinen nicht vorgelegt, sondern seitens der Redaktion kontrolliert.

Photographische Abbildungen (Autotypien) können gebracht werden, soweit sachlich erforderlich. In vielen Fällen läßt sich jedoch das Wesentliche durch eine (leichter reproduzierbare) Zeichnung ebensogut zeigen.

Korrekturen.

Die Autoren erhalten in jedem Fall eine Fahnenkorrektur, deren umgehende Erledigung und Rücksendung (mit einem Vermerk, ob der Beitrag druckfertig oder eine Revision erforderlich ist) erbeten wird.

Besprechungsexemplare.

Es wird gebeten, von der unverlangten Zusendung von Büchern, besonders kleineren Broschüren und Zeitschriften-Heften, abzusehen und zunächst eine Anfrage an die Redaktion zu richten, die dann von sich aus Exemplare anfordern wird. — Für die Rückgabe unverlangter Sendungen kann keine Gewähr übernommen werden.

Systematik und qualitative Untersuchung capillaraktiver Substanzen

Von

Dipl. chem. Dr. phil. **Bernhard Wurzschmitt**

Aus dem Untersuchungslaboratorium der BASF, Ludwigshafen a. Rh.

(Sonderausgabe aus „Fresenius' Zeitschrift für analytische Chemie", Band 130, Heft 2./3.)

Mit 1 Textabbildung. 81 Seiten. 1950. DMark 12.60

Von der vorliegenden Arbeit, zuerst veröffentlicht in Fresenius' Zeitschrift für analytische Chemie, wurde eine Sonderausgabe veranstaltet, weil es sich um eine grundlegende Untersuchung von höchster Wichtigkeit für die Praxis handelt. Sie ist der Niederschlag von Tausenden von Einzelversuchen, unternommen mit dem Ziel, ein zuverlässiges und doch einfaches Verfahren zur Erkennung und Bestimmung von synthetischen Waschmitteln und verwandten Textilhilfsmitteln zu entwickeln, die gewöhnlich nicht in Form einheitlicher Verbindungen vorliegen, sondern schwierig zu trennende Gemische darstellen. Der Verfasser hat diese Aufgabe gelöst, und es ist als besonderes Verdienst anzusehen, daß er die Ergebnisse seiner Arbeit den zahlreichen Interessenten zugänglich machte.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

37. Jahrgang Heft 9 (Erstes Maiheft) 1950

Wie entsteht ein Wirbel in einer wenig zähen Flüssigkeit?

Von A. Betz, Göttingen.

1. Einführende Erläuterungen zum Wirbelbegriff.

Bei vielen Flüssigkeitsbewegungen treten, wie die Erfahrung zeigt, wirbelige Vorgänge auf, und in der modernen Theorie des Widerstandes und des Auftriebes, den ein bewegter Körper erfährt, spielen diese Vorgänge eine wichtige Rolle. Das wesentliche bei derartigen Vorgängen besteht darin, daß einzelne Flüssigkeitsteile eine mehr oder weniger kreisende Bewegung ausführen. Wenn wir nun eine in sich geschlossene Linie betrachten (Fig. 1, gestrichelte Linie), welche annähernd dem Verlauf solcher umlaufenden Teile folgt, so besitzt offenbar die Geschwindigkeit der Strömungskomponente längs dieser Linie eine durch den Umlaufsinn der Teilchen gegebene bevorzugte Richtung. Ist v_s die Komponente der Geschwindigkeit v, welche in die Richtung der geschlossenen Linie s fällt, so können wir diese Tatsache quantitativ dadurch festlegen, daß wir längs der ganzen Linie das Integral

$$\Gamma = \oint v_s \, ds \tag{1}$$

bilden, das man als Zirkulation bezeichnet. Es wird bei der geschilderten wirbeligen Bewegung von Null verschieden sein und bildet ein Maß für die Wirbelstärke des umschlungenen Gebietes.

Um uns diesen wichtigen Begriff klarer zu machen, betrachten wir ein Gebiet, in dem sich die Flüssigkeit wie ein starrer Körper dreht. Die Stromlinien sind dabei Kreise um eine gemeinsame Achse, die Drehachse, und die Geschwindigkeit auf einem solchen Kreise vom Radius r ist

$$u = r\omega, \tag{2}$$

wenn ω die für das ganze Gebiet konstante Winkelgeschwindigkeit ist. Die Zirkulation um das von einem dieser Kreise umschlungene Gebiet mit der Fläche $F = r^2\pi$ ist

$$\Gamma = u \cdot 2r\pi = r^2\pi \cdot 2\omega = F \cdot 2\omega. \tag{3}$$

Wir können aber auch irgend ein anderes beliebig herausgegriffenes Gebiet wählen, z. B. das in Fig. 2 schraffierte, das von zwei Kreisbogen mit den Radien r_1 und r_2 und zwei Radien im Winkelabstand φ begrenzt ist. Die Fläche dieses Gebietes ist

$$F = (r_2^2 - r_1^2)\varphi/2 \tag{4}$$

und die Zirkulation

$$\Gamma = r_2\varphi u_2 - r_1\varphi u_1 = (r_2^2 - r_1^2)\varphi\omega = F \cdot 2\omega. \tag{5}$$

Man kann nun ganz allgemein zeigen, daß die Zirkulation immer gleich der umschlungenen Fläche mal der doppelten Winkelgeschwindigkeit ist. Wir können die umschlungene Fläche beliebig klein machen und schließlich zu einem Flächenelement dF übergehen. Immer wird das Verhältnis

$$\Gamma/F = d\Gamma/dF = 2\omega \tag{6}$$

die Winkelgeschwindigkeit des umschlungenen Teilchens darstellen, wobei dieser Drehbewegung im allgemeinen noch eine Translationsbewegung oder eine drehungsfreie Verformung überlagert ist, die aber zur Zirkulation nichts beiträgt. Bei dem einfachen Beispiel, bei dem sich ein größeres Gebiet wie ein starrer

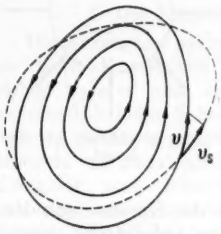


Fig. 1. Wirbelströmung.

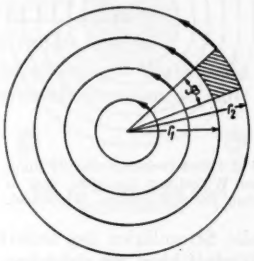


Fig. 2. Drehung wie ein starrer Körper.

Körper dreht, ist diese Winkelgeschwindigkeit für jedes Teilchen des Gebietes die gleiche. Wenn wir eine allgemeinere Strömung betrachten, so können wir ebenfalls die Zirkulationen um sehr kleine Teilchen bilden. Jetzt wird nur die Winkelgeschwindigkeit $\omega = d\Gamma/2dF$ von Ort zu Ort verschieden sein.

Grenzen zwei Gebiete aneinander, so ist die Zirkulation um beide gleich der Summe der Zirkulationen um die beiden einzelnen, da bei der Bildung des Linienintegrals $\Gamma = \oint v_s \, ds$ die gemeinsame Grenze AB (Fig. 3) in den einzelnen Gebieten in entgegengesetzter Richtung durchlaufen wird und ihr Beitrag daher bei der Summenbildung herausfällt. Die Zirkulation um ein endliches Gebiet ist daher die Summe der Zirkulationen um die umschlungenen Teilgebiete, und wenn wir die letzteren in Flächenelemente dF übergehen lassen, so wird

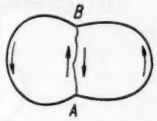


Fig. 3. Zwei aneinander grenzende Gebiete. Die Pfeile zeigen die Richtung des Integrationsweges bei der Feststellung der Zirkulation.

$$\Gamma = \int 2\omega \, dF, \tag{7}$$

wobei ω die jeweilige Winkelgeschwindigkeit der Teilchen dF ist und die Integration über die ganze umschlungene Fläche zu erstrecken ist.

Wenn wir daher bei dem Beispiel nach Fig. 1 in einem ausgedehnten Gebiet eine Zirkulation Γ feststellten, so besagt das, daß sich innerhalb dieses Gebietes Teilchen befinden, welche eine Drehung mit einer Winkelgeschwindigkeit ω ausführen. Die Verteilung dieser Teilchen und ihre Winkelgeschwindigkeit sind dabei noch unbestimmt. Wir stellen nur das Integral darüber nach (7) fest. Im allgemeinen wird nur ein Teil der Flüssigkeit eine Winkelgeschwindigkeit besitzen, während sich der übrige Teil ohne Drehung bewegt. Ein Wirbel besteht daher aus einem

Wirbelkern, in dem sich die einzelnen Flüssigkeitsteilchen drehen und einem den Kern umgebenden *Wirbelfeld*, in dem die Flüssigkeit um den Kern herumströmt, ohne daß sich die einzelnen Teilchen drehen. In der einfachsten Form ist die Anordnung rotationssymmetrisch, alle Stromlinien sind Kreise (Fig. 4). Da die Zirkulation für jede den Kern umschlingende Linie durch die Ausdehnung des Wirbelkernes und die Verteilung der Winkelgeschwindigkeiten in ihm gemäß (7) gegeben ist, so ist sie für

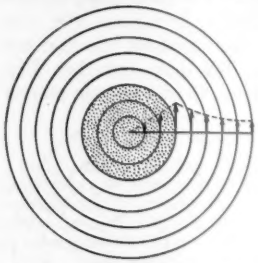


Fig. 4. Geschwindigkeitsverteilung im Wirbelkern (getupft) und in dem darumliegenden Wirbelfeld.

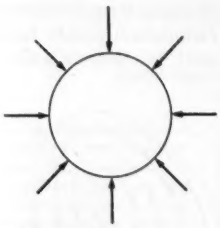


Fig. 5. Druckkräfte auf eine Kugel.

alle Stromlinien des außerhalb des Kernes liegenden Wirbelfeldes die gleiche. Für jede dieser kreisförmigen Stromlinien, deren Radius r sei, besteht daher für die Umlaufgeschwindigkeit u die Beziehung

$$2r\pi u = \Gamma = \text{const} \quad \text{oder} \quad u = \frac{\Gamma}{2r\pi}. \tag{8}$$

Die Geschwindigkeit u nimmt also im Wirbelfeld proportional mit der Entfernung vom Wirbelzentrum ab (Fig. 4).

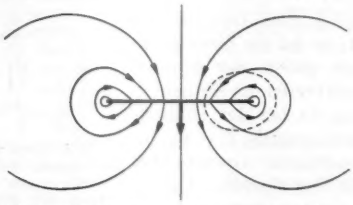


Fig. 6. Strömung um eine bewegte Platte.

Im Kern kann die Umlaufgeschwindigkeit beliebig verteilt sein, je nach der Verteilung der Drehgeschwindigkeit ω über die verschiedenen Kreise. Ist ω über den ganzen Kern konstant, so ist dort

$$u = r\omega, \tag{9}$$

also proportional r (Fig. 4). Im allgemeinen wird die Drehgeschwindigkeit ω der einzelnen Teilchen nach dem Rande des Kernes hin allmählich auf Null abklingen, wodurch sich ein abgerundeter Übergang der Kurven (8) und (9) ineinander ergibt.

2. *Der* Helmholtz*sche Wirbelsatz und das* Klein*sche Kaffeelöffelexperiment.*

Nun ergibt sich die erste Schwierigkeit: Wie ist die Drehung der Teilchen des Kernes entstanden? Wenn wir ein mit Wasser gefülltes zylindrisches Gefäß um seine Achse rotieren lassen, so wird die Flüssigkeit, die ja an den Wänden haftet, infolge ihrer Zähigkeit allmählich mitgenommen und gerät ebenfalls in Drehung. Da aber die Zähigkeit des Wassers sehr klein ist, so dauert es sehr lange bis sich der Inhalt des Gefäßes annähernd wie ein starrer Körper dreht. Hätten wir statt des Wassers ein zähes Öl genommen, so würden wir die Drehung in sehr viel kürzerer Zeit erreicht haben. Für Flüssigkeiten mit erheblicher Zähigkeit bietet die Entstehung der Drehung keine begriffliche Schwierigkeit. Aber bei den meisten Vorgängen, bei denen wir Wirbel beobachten, ist die Zähigkeit so gering, daß die Entstehung der Drehung auf die geschilderte Weise ausgeschlossen ist, zumal die Zeiten, in denen solche Wirbelgebiete entstehen, vielfach sehr kurz sind. Macht man den Grenzübergang zu einer idealen Flüssigkeit, deren Zähigkeit Null ist, so sieht man keine Möglichkeit, ein Teilchen in Drehung zu versetzen. Denken wir uns nämlich aus der Flüssigkeit eine kleine Kugel abgegrenzt, so wirken alle Druckkräfte normal zur Kugeloberfläche, sind also alle nach dem Kugelmittelpunkt gerichtet und ergeben daher kein Drehmoment auf die Kugel (Fig. 5). Ein Drehmoment erhalten wir nur durch tangentiale Kraftkomponenten an der Kugeloberfläche. Solche sind aber nur durch Zähigkeitswirkungen zu erzeugen. Wir können also ohne Zähigkeit auf ein Teilchen kein Drehmoment ausüben und es daher nicht in Drehung versetzen. Helmholtz hat deshalb unter seinen bekannten Wirbelsätzen auch den, daß in einer idealen Flüssigkeit keine Wirbel entstehen können [1].

Demgegenüber hat bereits Felix Klein auf folgendes leicht mit dem Löffel in der Kaffeetasse ausführbare Experiment hingewiesen, das anscheinend im Widerspruch zu dem erwähnten Helmholtzschen Wirbelsatz steht [2]:

Verschiebt man eine Platte (den Kaffeelöffel) in einer Flüssigkeit, so erhält man auch in idealer reibungsloser Flüssigkeit eine Strömung relativ zu der Platte, deren Stromlinien etwa so aussehen wie in Fig. 6 dargestellt. Auf jeden Fall ergibt sich auf der Vorderseite der Platte eine nach außen, auf der Rückseite eine nach innen gerichtete Geschwindigkeit, und wenn wir längs der gestrichelten Linie die Zirkulation ermitteln, so hat diese offenbar einen von Null verschiedenen Wert. Ziehen wir die Platte aus der Flüssigkeit heraus, so ändern wir damit an der Strömung nichts. Wir haben also entgegen dem Helmholtzschen Satz und unserer vorstehenden Überlegung ohne Zähigkeitseinflüsse Zirkulation und damit einen Wirbel erzeugt.

Dieser scheinbare Widerspruch klärt sich folgendermaßen auf [3]: Wenn wir eine Flüssigkeit in ein zylindrisches Gefäß bringen und dieses um seine Achse drehen, so wird die Flüssigkeit infolge ihrer Zähigkeit nach einer gewissen Zeit ebenfalls in merkliche Drehung versetzt. Nehmen wir eine Flüssigkeit mit geringerer Zähigkeit, so würde die Erreichung des gleichen Zustandes entsprechend länger dauern. Nehmen wir aber ein Gefäß mit kleinerem Durchmesser und drehen es entsprechend schneller, so daß die Zirkulation $u \cdot 2r\pi$ die gleiche ist, so erreichen wir in dem ähnlich verkleinerten Querschnitt, eine ähnliche Geschwindigkeitsverteilung mit gleicher Zirkulation in kürzerer Zeit. Man kann durch eine Ähnlichkeitsüberlegung leicht zeigen, daß die Zeiten, um gleiche Zirkulation und ähnliche Geschwindigkeitsverteilung zu erzielen umgekehrt proportional der Zähigkeit und proportional dem Quadrat des

Durchmessers sind. Wir können daher bei abnehmender Zähigkeit die gleiche Zirkulation in gleicher Zeit erreichen, wenn wir den Durchmesser proportional mit der Wurzel aus der Zähigkeit abnehmen lassen. Wenn wir zur Grenze verschwindender Zähigkeit, also zu idealer Flüssigkeit, übergehen, so können wir auch da noch eine Zirkulation, also einen Wirbel erzeugen. Wir müssen nur den Kern verschwindend klein machen, d. h. einen sog. Potentialwirbel herstellen, der nur aus einem drehungsfreien Feld und einem zu einem singulären Punkt zusammengeschrumpften Kern besteht. Der Sinn des HELMHOLTZschen Satzes ist demnach dahin zu präzisieren, daß man in einer idealen Flüssigkeit, das ist eine Flüssigkeit ohne Zähigkeit, *keine endlich ausgedehnten Gebiete mit Drehung*, also keine Wirbel *mit endlich ausgedehntem Kern* erzeugen kann.

3. *Energieschwierigkeiten.*

Wir haben also gesehen, daß wir auch bei sehr kleiner Zähigkeit an sich einen rotationssymmetrischen Wirbel erzeugen können, wenn wir nur den Kern hinreichend klein machen. Dabei stoßen wir aber auf eine zweite Schwierigkeit: Bei gegebener Zirkulation Γ ist die Geschwindigkeit der Feldströmung am Rande eines Kernes vom Radius r

$$u_R = \Gamma / 2 r \pi$$

(Fig. 4). Wenn wir daher den Kern bei unveränderter Zirkulation verkleinern, so kommen an seine Stelle Gebiete des Feldes mit stets wachsender kinetischer Energie. Im Grenzfalle des Potentialwirbels, wenn also der Kern auf einen Punkt zusammenschrumpft, wird die kinetische Energie der Feldströmung unendlich[1]). Es ist also zur Erzeugung des Wirbels eine um so größere Arbeit aufzuwenden, je kleiner der Kern ist. Nun ist in vielen Fällen die Zähigkeit so klein, daß man in praktisch vernünftiger Zeit nur sehr kleine Kerne erzeugen könnte, die wieder viel zu viel Energie für das Wirbelfeld ergeben würden. In Wirklichkeit beobachtet man meistens Kerne von einer Größe, daß die Energie des Wirbels in einleuchtenden Grenzen bleibt. Es ist nur die Frage, wie solche Wirbelkerne entstehen.

Bei dem KLEINschen Kaffeelöffelexperiment erzeugt man nicht einen runden, sondern einen bandförmigen Wirbelkern an der Stelle, wo sich die Platte befunden hat. Bei einer physikalischen Flüssigkeit mit endlicher Zähigkeit besteht dieser Wirbelkern aus einer Schicht sich drehender Flüssigkeitsteilchen, welche den Übergang zwischen den entgegengesetzten Geschwindigkeiten auf beiden Seiten der Schicht vermitteln. Auch hier wird, wenn wir die gleiche Zirkulation in gleichen Zeiten erreichen wollen, die Schicht um so dünner sein müssen, je kleiner die Zähigkeit ist. Und zwar muß sie proportional der Zähigkeit dünner werden. Bei verschwindender Zähigkeit geht die erzeugbare Schichtdicke also gegen Null. Man erhält eine sog. Unstetigkeitsfläche, in der die Geschwindigkeit unstetig von einem Wert auf einen anderen springt. Hierbei geht zwar die Geschwindigkeit an der Plattenkante auch gegen unendlich. Aber im Gegensatz zum runden Wirbel bleibt die Energie der Strömung endlich, auch wenn die Dicke der Schicht gegen Null geht. Ist z. B. die Breite der Platte im KLEINschen Experiment b, die Geschwindigkeit v, so ist unter Voraussetzung ebener Strömung die Energie der Strömung in einer Schicht von der Dicke Eins[1])

$$E = \frac{\varrho v^2}{2} \cdot \frac{b^2 \pi}{4}.$$

4. *Die Entstehung runder Wirbel.*

Die Erzeugung solcher bandförmigen Wirbel, wie sie beim KLEINschen Kaffeelöffelexperiment entstehen, bietet also dem Verständnis keine Schwierigkeit, weder wegen des Mangels an ausreichender Zähigkeit noch hinsichtlich der aufzunehmenden Energie. Es bleibt aber immer noch die Frage offen, wie die meist beobachteten runden Wirbel mit ihren ausgedehnten Kernen entstehen. Wir kommen zur Lösung dieser Frage, wenn wir die Weiterentwicklung

Fig. 7. Aufwicklung eines Wirbelbandes.

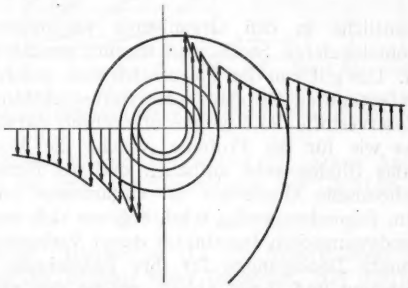


Fig. 8. Geschwindigkeitsverteilung im Felde eines spiralig aufgewickelten Wirbelbandes.

des bandförmigen Wirbels aus dem Kaffeelöffelexperiment verfolgen. Bei der Umströmung der Platte tritt an jeder Plattenkante eine nach außen gerichtete Saugkraft auf, welche auf die Zentrifugalkräfte der umströmenden Flüssigkeit zurückzuführen ist. Ziehen wir die Platte aus der Flüssigkeit heraus, so ist für die Saugkraft kein Angriffspunkt mehr da. Die Strömung ist nun nicht mehr im Gleichgewicht. Das hat zur Folge, daß sich das Wirbelband von den Enden her einrollt (Fig. 7). Nach verhältnismäßig kurzer Zeit ist das Band zu zwei Spiralen aufgewickelt. Der Vorgang dieser Aufwicklung ist in einer Dissertation von KADEN theoretisch und experimentell quantitativ untersucht worden [4]. Die Geschwindigkeitsverteilung in einem radialen Schnitt durch die Spirale hat etwa die in Fig. 8 dargestellte Form: Zwischen den einzelnen Spiralflächen haben wir eine drehungsfreie Strömung, in der die Geschwindigkeit wie $1/r$ nach der Mitte hin ansteigt, aber an jeder Spiralfläche springt sie um den Betrag der Zirkulation je Längeneinheit dieser Fläche nach unten.

[1]) Stellen wir uns die Wirbelachse als unendlich lange gerade Linie vor, oder begrenzen wir die Strömung durch zwei zur Wirbelachse senkrechte Ebenen, so erhalten wir eine sog. ebene Strömung des Potentialwirbels. Wir betrachten dabei die Energie zwischen zwei solchen Begrenzungswänden im Abstand eins, also in einer Flüssigkeitsschicht von der Dicke Eins. Dabei wird auch bei endlichem Kerndurchmesser, die kinetische Energie dieser Schicht wegen ihrer unendlichen Ausdehnung unendlich. Dies ist aber praktisch bedeutungslos, da einmal unendlich ausgedehnte Schichten nicht vorkommen und außerdem die Wirbel fast stets paarweise mit entgegengesetztem Drehsinn auftreten (vgl. die beiden Plattenhälften beim Kaffeelöffelexperiment), wodurch das Energieintegral auch bei Ausdehnung ins Unendliche endlich bleibt.

Je mehr man sich der Mitte nähert, um so enger werden die Spiralenwindungen. Dementsprechend werden die einzelnen Geschwindigkeitsschwankungen von Spiralfläche zu Spiralfläche immer kleiner und nähern sich immer mehr einer glatten Kurve. Außerdem werden mit der Zeit auch an jeder Stelle die Windungen infolge des Aufwicklungsvorganges immer enger, so daß im ganzen Bereich der Spirale der Geschwindigkeitsverlauf immer gleichmäßiger wird.

Besitzt die Flüssigkeit eine wenn auch nur geringe Zähigkeit, so besteht die Spiralenfläche aus einer Schicht sich drehender Flüssigkeitsteilchen, deren Dicke langsam anwächst. An die Stelle der Geschwindigkeitssprünge tritt ein allmählicher Übergang. Wenn der Abstand der Spiralenwindungen sehr klein geworden ist, so wächst die sich drehende Schicht in kurzer Zeit über den ganzen Abstand hinweg, und wir erhalten bald einen sich gleichmäßig drehenden rotationssymmetrischen Wirbelkern.

Zusammenfassung.

Auf Grund dieser Überlegungen kommen wir zu der Erkenntnis, daß die Erzeugung einigermaßen starker, annähernd runder Wirbel in einer Flüssigkeit geringer Zähigkeit auf direktem Wege im allgemeinen nicht möglich ist, da die geringe Zähigkeit die Bildung ausreichend großer Wirbelkerne unmöglich macht, bei kleinen Kernen aber das Wirbelfeld zu viel Energie für seine Erzeugung erfordert. Solche Wirbel entstehen vielmehr durch nachträgliches Aufwickeln von flächenhaften Wirbelkernen. Diese lassen sich auch bei verschwindend kleiner Zähigkeit erzeugen. Durch Aufwicklung entstehen dann daraus zunächst Wirbel, deren Kerne spiralige Bänder sind, aus denen dann unter dem Einfluß auch sehr geringer Zähigkeit in kurzer Zeit homogene Wirbelkerne von einer Größe werden, welche der zur Verfügung stehenden Energie angepaßt ist, und auch den beobachteten Erscheinungen entspricht.

Literatur.

[1] Wissenschaftliche Abhandlungen von HERMANN HELMHOLTZ, Bd. I. Leipzig: Johann Ambrosius Barth 1882. — [2] KLEIN, F.: Z. Math. u. Phys. **58**, 259 (1910). — [3] BETZ, A.: Z. angew. Math. u. Mech. **10**, 413 (1930). — [4] KADEN, H.: Ing.-Arch. **2**, 140 (1931).

Eingegangen am 17. November 1949.

Über den makromolekularen Stoffwechsel der Organismen.

Von G. V. SCHULZ.
Institut für physikalische Chemie der Universität Mainz.

Sämtliche in den Organismen vorkommenden makromolekularen Stoffe sind thermodynamisch instabil. Das gilt von den Polysacchariden, welche den Hauptbestandteil der pflanzlichen Gerüstsubstanz und die Reservestoffe des Energiestoffwechsels darstellen, ebenso wie für die Proteine, welche die Muskeln und das Bindegewebe aufbauen und als Fermente das chemische Geschehen im Organismus lenken. Wie im folgenden gezeigt wird, ergeben sich aus der thermodynamischen Instabilität dieser Verbindungen bestimmte Bedingungen für ihre Entstehung, ihre Vermehrung und ihren Abbau, welche den makromolekularen Stoffwechsel in charakteristischer Weise aus dem Gesamtstoffwechsel herausheben. Bei der zentralen Bedeutung dieser Stoffe für den Organismus verspricht ein Verständnis der an ihnen sich abspielenden Reaktionen einen vertieften Einblick in die Natur der Lebensvorgänge.

Bei der Untersuchung des niedermolekularen Stoffwechsels wird im allgemeinen das steuernde System der Fermente als konstant vorausgesetzt, was in erster Näherung berechtigt ist. Jedoch ist der Bestand dieses Systems kein statischer, sondern, wie nachfolgend näher ausgeführt wird, ein dynamischer, der durch eine große Anzahl ineinander greifender zyklischer Prozesse aufrechterhalten wird. Gegenüber dem makromolekularen Stoffwechsel spielt der niedermolekulare Stoffwechsel eine sozusagen subalterne Rolle; er läßt sich daher nur durch seinen Bezug auf jenen vollständig verstehen. Hieraus ergibt sich, daß die Organismen dynamische Systeme sind, bei welchen die gegenseitigen Bezüge sämtlicher chemischer Reaktionen durch eine Art Rangordnung geregelt sind.

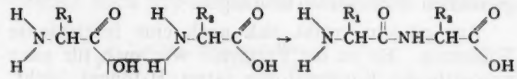
Eine Aufklärung dieser Rangordnung bringt die Organismen als Ganzheiten dynamischer Art in das Blickfeld. Dem Begriff der Ganzheit, welchem biologisch gesehen etwas Dunkles und Unexaktes anhaftet, läßt sich vom chemischen Standpunkt aus eine exaktere Bedeutung geben, wie im folgenden zu zeigen versucht wird. Er ist nicht faßbar, wenn man ihn durch eine rein beschreibende Aneinanderreihung einer Unzahl chemischer Einzelreaktionen zu gewinnen sucht, sondern nur indem man gewisse zentrale Vorgänge und Gesetzmäßigkeiten herausstellt, auf die hin die Gesamtheit der Einzelvorgänge geordnet ist, und die es erlauben, die wesentlichen, d. h. grundsätzlich unentbehrlichen Funktionen des chemischen Zellgeschehens von den mehr akzessorischen Bestandteilen zu trennen.

Allerdings muß vorausgeschickt werden, daß wir heute noch ziemlich weit davon entfernt sind, den angedeuteten großen Zusammenhang vollständig zu übersehen. Andererseits haben die Forschungen der letzten Jahrzehnte bereits zahlreiches Material erbracht, welches den Versuch nahelegt, eine zusammenfassende Betrachtung des biochemischen Geschehens zu versuchen. Die nachfolgenden Ausführungen haben daher den Charakter eines skizzenhaften Entwurfs, der in keiner Weise endgültig sein kann, vielleicht aber doch geeignet ist, einige neue Gesichtspunkte in die Diskussion zu bringen.

I. Die thermodynamische Instabilität der makromolekularen Stoffe.

Die Strukturformeln der in den Organismen vorkommenden makromolekularen Stoffe legen die Auffassung nahe, daß diese aus einfachen Grundmolekeln durch einen Kondensationsprozeß unter Austritt von Wasser gebildet werden. Man könnte etwa annehmen, daß eine Proteinmolekel aus Aminosäuremolekeln

durch einen Kondensationsprozeß entsteht, bei welchem je 2 Aminosäuren eine Molekel Wasser entzogen wird:



$+ H_2O$ usw. (I)

Wir können mit Sicherheit sagen, daß auf diesem Wege weder Proteine noch andere makromolekulare Stoffe entstehen.

Die oben formulierte Reaktion verläuft nämlich nicht vollständig im Sinne des Pfeils, sondern es bildet sich ein „Kondensationsgleichgewicht" aus, bei welchem nebeneinander Aminosäure, Polypeptid und Wasser zugegen sind. Die Lage des Gleichgewichts ist aber weit nach links verschoben. Erst wenn man mit sehr stark wirkenden Mitteln das Wasser aus dem Gleichgewichtsgemisch entfernte, könnten sich Polypeptidketten mäßiger Länge bilden, die aber bei weitem noch nicht das Molekulargewicht biologischer Proteine hätten. Bei technischen Prozessen etwa, durch welche man ähnliche Kondensate herstellt, müssen die letzten Spuren Wasser mit wirksamen Methoden entfernt werden, und auch dann kommt man höchstens zu Polymerisationsgraden in der Größenordnung von 100. In den Organismen jedoch ist Wasser in großem Überschuß zugegen und trotzdem bilden sich makromolekulare Stoffe mit Polymerisationsgraden bis zu vielen 1000.

Wir können die Lage des Gleichgewichts in folgender Weise quantitativ fassen. Sie hängt ab von der Gleichgewichtskonstanten

$$K = \frac{[\text{Dimeres}] \cdot [H_2O]}{[\text{Monomeres}]^2} \tag{1}$$

und der Menge n_w des im System vorhandenen Wassers[1]).

Führen wir das Verhältnis dieser beiden Größen

$$\beta \equiv K/n_w \tag{2}$$

ein, so ist, wie früher gezeigt wurde, [1] im Gleichgewicht

$$n_P^* = \frac{1}{\beta}\left[\frac{1}{2\beta}\left(1 + 2\beta - \sqrt{1 + 4\beta}\right)\right]^P. \tag{3}$$

Hierbei ist n_P^* die Anzahl Mole polymerer Substanz vom Polymerisationsgrad P, welche nach Einstellung des „Kondensationsgleichgewichts" auf 1 Mol monomerer Ausgangssubstanz entfallen.

Für den Fall, daß $4\beta < 1$ ist, können wir

$$\sqrt{1 + 4\beta} = 1 + 2\beta - 2\beta^2 \ldots$$

setzen und erhalten dann

$$n_P^* = \beta^{P-1} = \left(\frac{K}{n_w}\right)^{P-1}. \tag{4}$$

Sei m_P die Menge (in g) polymerer Substanz vom Polymerisationsgrad P, welche sich aus 1 g monomerer Ausgangssubstanz im Gleichgewicht bildet, so ist

$$m_P = P\left(\frac{K}{n_w}\right)^{P-1}. \tag{5}$$

Mit Gl. (5) kann man für Polypeptide bzw. Proteine in folgender Weise die Lage des Gleichgewichts berechnen.

Wir wollen annehmen, daß von einem Mol Aminosäure in 1 Liter Wasser ausgegangen wird. Dann ist $n_w \approx 50$. K ergibt sich — wenigstens größenordnungsmäßig — aus den thermodynamischen Bestimmungen

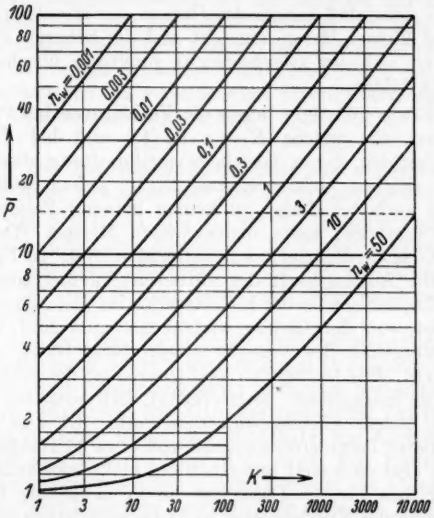


Fig. 1. Mittlerer Polymerisationsgrad ($\bar{P}$) in Abhängigkeit von der Gleichgewichtskonstante (K) bei verschiedenen Wassergehalten.

von BORSOOK und HUFFMANN [2]. Diese Autoren haben die einzelnen Summanden der Gleichung

$$\Delta F = \Delta H - T\Delta S \tag{6}$$

bestimmt. Hierbei ist ΔF die freie Energie (nach GIBBS) der Bildung eines Dipeptids, ΔH die Reaktionswärme (Enthalpie) und ΔS die Entropie. Für die Bildung von Leuzylglyzin aus Leuzin und Glyzin unter Wasserabspaltung ergeben sich hierbei folgende Werte:

$$\Delta F = +7520 \text{ cal/Mol},$$
$$\Delta H = +5400 \text{ cal/Mol},$$
$$T\Delta S = -2120 \text{ cal/Mol},$$
$$K = 3{,}15 \cdot 10^{-6}.$$

Die Gleichgewichtskonstante ist aus der freien Energie nach der Gleichung

$$\Delta F = -RT \ln K \tag{7}$$

berechnet. Der außerordentlich niedrige Wert für dieselbe beim Leuzylglyzin resultiert daraus, daß die Verbindung endotherm ist und unter Abnahme der Entropie verläuft. Der Wert K schwankt selbstverständlich je nach der Art der Aminosäuren, welche zum Dipeptid vereinigt werden; er dürfte aber auch bei anderen Aminosäuren in der gleichen Größenordnung liegen. Es ergibt sich daraus nach (2) $\beta \approx 10^{-7}$. Mit diesem Zahlenwert können wir nach (3) bzw. (5) die Gleichgewichtskonzentration von

[1]) n_w ist die Anzahl Mole H_2O, welche auf 1 Grundmol monomerer und polymerer Substanz im System entfallen. Lösen wir etwa 1 Mol einer Aminosäure in 1 Liter Wasser und lassen sie zu beliebigen Polymeren kondensieren, so ist $n_w = 55$. Auch n_P ist derart auf ein Grundmol Ausgangssubstanz bezogen. Man kommt so zu einfachen und leichter realisierbaren Gleichungen, als wenn man die Mengenverhältnisse auf 1 Liter Wasser (Molkonzentration) oder 1 Mol Monomeres *im Gleichgewicht* bezieht.

Polypeptiden berechnen. Sie sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1. *Gleichgewichtskonzentration von Polypeptiden.*

Polymerisationsgrad P	n_P nach (3) Mol Polymeres / Liter	m_P nach (5) g Polymeres / g Ausgangssubstanz
2	10^{-7}	$2 \cdot 10^{-7}$
10	10^{-63}	10^{-63}
100	10^{-693}	10^{-691}
1000	10^{-6908}	10^{-6902}

Man sieht, daß bereits das Dimere nur in verschwindend kleiner Menge entsteht und die höheren Polymeren sich im Gleichgewicht praktisch überhaupt nicht bilden.

Etwas günstiger liegen die Verhältnisse bei Polyestern, für welche $K = 4$ ist [3], und bei Polysacchariden, deren Gleichgewichtskonstante etwa in der gleichen Größenordnung liegt. Jedoch kommt man auch bei diesen zu keinen höheren Polymerisationsgraden, wenn nennenswerte Mengen Wasser im Gleichgewichtsgemisch vorhanden sind. In Fig. 1 ist die Abhängigkeit des mittleren Polymerisationsgrades, der sich bei der Kondensation im Gleichgewicht bildet, von der Gleichgewichtskonstanten und vom Wassergehalt des Systems entsprechend Gl. (3) dargestellt. Für biologische Verhältnisse ist die unterste Kurve maßgebend. Man erkennt, daß auch bei der sehr hohen Gleichgewichtskonstante 10^4 erst ein mittlerer Polymerisationsgrad von etwa 15 resultiert, man also noch weit unterhalb des makromolekularen Bereiches bleibt. Dabei ist für $K = 10^4$ die freie Energie der Kondensation nicht unbeträchtlich negativ, d. h. es tritt immerhin freiwillig eine merkliche Kondensation ein.

Es lassen sich höhere Polymerisationsgrade erzielen, wenn das Wasser aus dem System entfernt, also n_W vermindert wird. Doch ist ein solcher Vorgang unbiologisch. Es zeigt sich aber ferner bei synthetischen Prozessen im Laboratorium, daß man auch durch Wasserentzug nicht zu makromolekularen Produkten im eigentlichen Sinne kommt, da auch noch sehr geringe Spuren von Wasser im System den Polymerisationsgrad sehr stark herabdrücken [1].

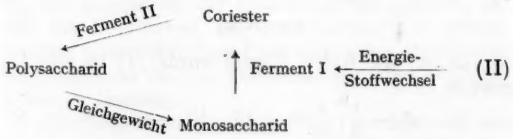
Die Annahme, daß durch besonders wirksame Fermente die Kondensationsreaktion nach Schema I erzwungen werden könnte, ist aus thermodynamischen Gründen abzulehnen. Das würde dem zweiten Hauptsatz widersprechen, demzufolge ein Katalysator nur die Geschwindigkeit der Einstellung eines Gleichgewichts, jedoch nicht die Lage eines Gleichgewichts beeinflussen kann. Aus unten zu besprechenden Gründen ist es nicht zu erwarten, daß in Organismen Abweichungen von den Hauptsätzen der Thermodynamik gefunden werden können. Die Bildung der makromolekularen Stoffe in den Organismen muß also unter Umgehung der Reaktion (I) geschehen. Das ist auf folgendem Wege möglich.

Die Koppelung der Grundmolekeln zum hochmolekularen Stoff muß durch eine Reaktion geschehen, deren freie Energie einen stark negativen Wert besitzt. Durch Variation von ΔS ist hierbei nicht viel zu gewinnen, da die Reaktionsentropie von Kondensationsprozessen nur innerhalb ziemlich enger Grenzen schwankt. Das Ziel kann nur dadurch erreicht werden, daß die Reaktionswärme ΔH in Gl. (6) negativ wird, daß also als Ausgangsstoffe energiereiche Zwischenprodukte dienen, welche bei der Kondensation ihre Energie verlieren. Bekanntlich übernehmen bei der Polysaccharidsynthese Phosphorsäureester der Monosaccharide die Rolle dieser energiereichen Zwischenverbindungen.

Aus obigem ergibt sich noch eine interessante Folgerung. Es ist für Fermente wie auch für ganz unspezifische Katalysatoren (etwa H-Ionen) leicht, die Reaktion (I) von rechts nach links auszulösen. Ein solches Ferment kann aber nicht identisch sein mit demjenigen Ferment, welches die Synthese auf dem gekennzeichneten Umweg herbeiführt. Die allgemeine Regel, daß ein Abbauferment identisch mit dem entsprechenden Aufbauferment ist, ist daher auf makromolekulare Synthesen im Organismus nicht allgemein anwendbar. So ist z. B. die stärkeabbauende Diastase nicht identisch mit den Phosphorylasen, welche die Synthese der Stärke steuern.

II. Die Elementarzyklen.

Dank der Arbeit amerikanischer [4] und englischer Forscher [5] sehen wir heute schon etwas in den Bildungsprozeß der Polysaccharide hinein. Bei der Stärke wird das Kondensationsgleichgewicht (I) umgangen, indem zunächst durch ein Ferment aus Phosphorsäure und Glukose Coriester (1-Glukose-Phosphorsäureester) gebildet wird. Ein zweites Ferment Phosphorylase spaltet aus je 2 Coriestermolekeln ein Molekel Phosphorsäure ab, wobei jene α-glukoridisch verknüpft werden. Durch häufige Wiederholung dieses Spiels könnten lange Kettenmolekeln gebildet werden. Aus den Versuchen scheint jedoch hervorzugehen, daß die Bildung des Polysaccharids nicht in Stufen, sondern auf einen Schlag erfolgt, indem das erwähnte zweite Ferment aus einer großen Anzahl von Coriestermolekeln gleich eine längere Polysaccharidkette synthetisiert. Auf Grund dieser Erfahrungen kann man folgenden chemischen Kreislauf der Polysaccharide im Organismus annehmen:



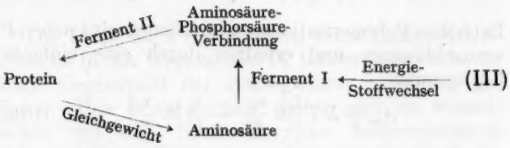
(II)

Das Ferment I verknüpft den Prozeß mit dem Energiestoffwechsel, worauf im nächsten Abschnitt noch einmal eingegangen wird. Interessant beim Ferment II ist die Frage der Spezifität[1]). Der Bauplan der Stärkemolekel müßte in irgendeiner Weise von diesem Ferment vorweggenommen werden. Es zeigt sich nun, daß das Ferment in reiner Form die Synthese nicht durchzuführen vermag. Die Reaktion tritt erst ein, wenn etwas Stärke zugegen ist; dann paßt das Ferment die Grundmolekeln der phosphorylierten Glukose an die in concreto vorliegende Struktur des „Modells" an. Damit Stärke gebildet wird, muß bereits Stärke vorliegen, ein Prinzip, welches wahrscheinlich durchgehend bei der Bildung der makromolekularen Stoffe gewahrt bleibt.

Es spricht manches dafür, daß die Bildung der Proteine nach einem ähnlichen Schema erfolgt. Auch

[1]) Es ist nicht ausgeschlossen, daß an Stelle von Ferment II ein System von Fermenten zu setzen ist.

hier werden wahrscheinlich energiereiche Phosphorsäureverbindungen der Aminosäuren als Zwischenstufen gebildet. Wir können hierfür folgenden zunächst noch hypothetischen Kreisprozeß annehmen.



Die Aufgabe des Ferments II übernehmen im Fall der Proteine wahrscheinlich Nukleinsäuren. Auch hier darf man vermuten, daß deren Spezifität nicht vollständig ist, sondern daß die Synthese nur durchgeführt werden kann, wenn eine „Modellmolekel" des herzustellenden Proteins bereits vorliegt (Abschnitt IV).

Es ist eines der bemerkenswertesten Ergebnisse der neueren physiologischen Forschung, daß nicht nur die durch die Fermente (bzw. Fermentsysteme) I und II gesteuerten Vorgänge tatsächlich ablaufen, sondern daß auch der durch die Lage des Gleichgewichts bedingte Zerfall ständig vor sich geht. Durch Einführung von Aminosäuren mit gekennzeichneten Wasserstoff- und Stickstoffatomen in den Stoffwechsel konnte gezeigt werden, daß die Proteine im Organismus eine begrenzte Lebensdauer haben [6]. So wird das gesamte Lebereiweiß in wenigen Tagen vollständig ab- und wieder aufgebaut; relativ schnell findet der Ab- und Aufbau bei den Proteinen des Blutplasmas, der Darmschleimhaut und der Haut statt, während wieder andere Proteine wie das Hämoglobin und das Myosin des Muskels eine relativ lange Lebensdauer haben [7].

Vom physikalisch-chemischen Standpunkt aus ist hierzu zu sagen, daß, wenn auch das Gleichgewicht

$$\text{Aminosäure} \rightleftarrows \text{Protein}$$

wie wir sehen, extrem stark nach links verschoben ist, kein Zwang dazu besteht, daß ein einmal gebildetes Protein rasch zerfällt. Man kennt zahllose chemische Systeme, die weit entfernt von einem Gleichgewicht sehr lange ihren Zustand aufrechterhalten. Auch bei Proteinen kann man einen solchen Zustand realisieren. Beispielsweise ist das Serumalbumin, wenn man es aus dem Blut isoliert und in reinster Form in Wasser löst, jahrelang ohne merkliche Veränderung haltbar. Der durch das Gleichgewicht geforderte Zerfall würde erst in größeren Zeiträumen vor sich gehen. Im Blutplasma befindet sich jedoch ein Ferment, welches dieses Protein in relativ kurzer Zeit zerstört [7].

Aus den vorangehend beschriebenen Versuchsergebnissen und Überlegungen geht hervor, daß die Existenz der makromolekularen Stoffe in den Organismen an das Vorliegen von Kreisprozessen gebunden ist, die wir *Elementarzyklen* nennen wollen. Zu jedem speziellen makromolekularen Stoff gehört ein charakteristischer Elementarzyklus. Der Organismus hat nicht etwa die Tendenz, seine hochmolekularen Stoffe zu stabilisieren; es scheint im Gegenteil ein wesentliches, vielleicht das wichtigste Kennzeichen des Lebensprozesses zu sein, daß die verschiedenen Elementarzyklen in einer auf das feinste gegeneinander abgewogenen Geschwindigkeit ablaufen. Ein lebender Organismus hat also keine ruhende, sondern eine durchgehend dynamische Struktur. Fragt man, welches die kleinsten chemischen Einheiten der Organismen sind, die noch den Stempel des Lebens tragen, so sind es nicht die Eiweißmolekeln selbst, sondern die Elementarzyklen als räumlich-zeitliche Gebilde, durch deren dynamische Struktur die Proteine (ebenso wie die anderen makromolekularen Stoffe) mit ihren komplizierten und sehr genau abgestuften Bauplänen dauernd erzeugt und wieder zerstört werden. Ein Organismus erscheint uns so als eine konstante räumliche Struktur, welche sich einem ständigen, raschen Fluß der Materie überlagert.

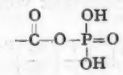
Im folgenden wollen wir uns zunächst das Ineinandergreifen des Energiestoffwechsels mit den synthetischen Vorgängen ansehen und anschließend versuchen, einen vorläufigen Überblick über das Zusammenspiel der verschiedenen Stoffwechselvorgänge im Organismus zu gewinnen.

III. Der Zusammenhang zwischen den makromolekularen Synthesen und dem Energiestoffwechsel.

Im Schema II und III ist durch einen Pfeil die Stelle angedeutet, an welcher der Energiestoffwechsel mit den Elementarzyklen verknüpft ist. Über die Art der Verknüpfung lassen sich folgende Aussagen machen.

Die bei den Oxydations- und Gärungsprozessen freiwerdende Energie wird zunächst in gewissen energiereichen Phosphorsäureverbindungen gespeichert[1]), deren wichtigste das Adenosintriphosphat (ATP) ist, und zu denen ferner Azylphosphate, wie Azetylphosphat und Butyrylphosphat gehören. Zur Einleitung einer makromolekularen Synthese wird die Phosphorsäure mit Hilfe von Fermenten an diejenige Stelle der Grundmolekeln eingeführt, an welcher später die Kuppelung zum hochmolekularen Produkt erfolgt. Auf diesem Wege entsteht der Coriester (Schema II) und die wahrscheinlich für den Nukleinsäureaufbau wichtigen Verbindungen Ribose-1-Phosphat und Guaninphosphat. Über die Zwischenstoffe der Eiweißsynthese scheint noch nichts Sicheres bekannt zu sein.

Der Gehalt des ATP an freier Energie ist sehr hoch; er liegt über 10 kcal/Mol. Die freie Energie der erwähnten Azylverbindungen liegt in der Gegend von 15 kcal/Mol. Diese Verbindungen sind also energetisch leicht in der Lage, Phosphorsäureesterbindungen herzustellen, deren freie Energie im Bereich von 1 bis 3 kcal/Mol liegt. Da die Differenz an freier Energie zwischen Mono- und Disaccharid sehr gering ist, können die so entstandenen Phosphorsäureester der Zucker leicht unter Abspaltung von Phosphorsäure zum Polysaccharid kondensiert werden. Falls die Polypeptidsynthese über Phosphorsäureverbindungen von Aminosäuren läuft, käme grundsätzlich eine primäre Anlagerung am Stickstoff oder an der Karboxylgruppe in Betracht. Nimmt man eine Azylverbindung mit der Gruppierung



an, so stünden etwa 10 kcal an freier Energie zur Verfügung. Das würde ausreichen, um den Energiebedarf der Peptidbindung, welcher, wie oben gezeigt

[1]) Die nachfolgenden Angaben sind einem zusammenfassenden Bericht von H. M. KALCKAR entnommen [Nature (Lond.) **160**, 143 (1947)].

wurde, beim Lenzylglyzin etwa 7 kcal/Mol beträgt, zu decken.

Diese kurzen Hinweise mögen genügen; in großen Zügen geht aus ihnen die Koppelung des Energiestoffwechsels mit den makromolekularen Synthesen hervor. Es wird allerdings noch eines sehr hohen Aufwandes an experimenteller Arbeit bedürfen, um das Schematische des bisherigen Ansatzes durch eine konkrete Kenntnis der einzelnen Reaktionsbahnen zu ersetzen.

Eine weitere Frage ist die nach dem gesamten Energiebedarf von Systemen, deren innere Struktur an die Aufrechterhaltung von Elementarzyklen im Sinne von Schema II und III gebunden ist. Wir können hierbei an Gedankengänge anknüpfen, die von W. Kuhn [8] und L. v. Bertalanffy [9] entwickelt worden sind. Wie wir sahen, kommen die makromolekularen Stoffe im Organismus in einer Konzentration vor, die weit oberhalb der thermodynamisch bedingten Gleichgewichtskonzentration liegt. Der Organismus befindet sich demnach in einem „Fließgleichgewicht" (steady state), dessen Aufrechterhaltung einen ständigen Aufwand von chemischer Arbeit erfordert. Dieser Arbeitsaufwand läßt sich berechnen, wenn folgende beiden Größen bekannt sind:

1. Die Arbeit, die erforderlich ist, um je ein Grundmol der Ausgangsstoffe in makromolekulare Substanz der im Organismus vorliegenden Konzentration zu verwandeln.

2. Die Umlaufsgeschwindigkeit der Elementarzyklen.

Zur Herstellung eines makromolekularen Stoffes (vom Polymerisationsgrad P) unter Aufrechterhaltung der Gleichgewichtskonzentration c_P^* ist keine Arbeit aufzuwenden. Um 1 Mol bei der von c_P^* verschiedenen Konzentration c_P zu erzeugen, ist die Arbeit

$$A = RT \ln \frac{c_P}{c_P^*} \tag{8a}$$

erforderlich. Wir können die Konzentration durch die Molzahlen ersetzen. Bezeichnen wir mit n_P die Anzahl Mole hochpolymerer Substanz in 1 Grundmol Gesamtsubstanz und mit n_P^* den entsprechenden Gleichgewichtswert, so erhalten wir statt (8a)

$$A = RT \ln \frac{n_P}{n_P^*}. \tag{8b}$$

Wir machen jetzt die vereinfachende (und mit großer Näherung in den meisten Fällen zutreffende) Annahme, daß die überwiegende Menge des betreffenden Ausgangsstoffes (Glukose, Aminosäure ...) in hochpolymerer Form vorliegt. Dann ist (da wir von 1 Grundmol ausgehen)

$$n_P \approx 1/P \tag{9}$$

und n_P^* ist nach Gl. (4) zu berechnen. Wir erhalten somit nach (4), (8b) und (9) als Arbeit zur Herstellung von 1 Mol polymerer Substanz vom Polymerisationsgrad P

$$A = RT \ln \left[\frac{1}{P}\left(\frac{n_w}{K}\right)^{P-1}\right].$$

Hierin ist n_w die Anzahl Mole Wasser, die im System bezogen auf Grundmol monomeren und polymeren Stoffs vorhanden sind. Sei M_g das Molekulargewicht der in die Makromolekel eingebauten Grundmolekel (Ausgangsstoff — 1 Mol H_2O), so ist die zur Bildung eines Grundmols erforderliche Arbeit

$$A_m = \frac{RTM_2}{M} \ln \left[\frac{1}{P}\left(\frac{n_w}{K}\right)^{P-1}\right] = \frac{RT}{P} \ln \left[\frac{1}{P}\left(\frac{n_w}{K}\right)^{P-1}\right].$$

Bei hohen Polymerisationsgraden können wir 1 neben P vernachlässigen und erhalten durch eine einfache Umformung

$$A_m = RT\left[\ln \frac{n_w}{K} + \frac{1}{P} \ln \frac{1}{P}\right]. \tag{10a}$$

Die Arbeit zur Bildung von 1 g polymerer Substanz ist dann

$$a = \frac{RT}{M_g}\left[\ln \frac{n_w}{K} + \frac{1}{P} \ln \frac{1}{P}\right]. \tag{10b}$$

Der Bruchteil des vorhandenen Polymeren, welcher in der Zeiteinheit in einem Elementarzyklus umgesetzt wird, sei r. Dann ist der Arbeitsaufwand in der Zeiteinheit je Grundmol gerechnet

$$\frac{dA_m}{dt} = rRT\left(\ln \frac{n_w}{K} + \frac{1}{P} \ln \frac{1}{P}\right); \tag{11a}$$

der Arbeitsaufwand je Gramm

$$\frac{da}{dt} = r\frac{RT}{M_g}\left(\ln \frac{n_w}{K} + \frac{1}{P} \ln \frac{1}{P}\right). \tag{11b}$$

Wir können diesen Arbeitsaufwand für den Menschen abschätzen. Der menschliche Körper enthält rund gerechnet 60% Wasser und 20% Eiweiß mit einem Polymerisationsgrad von durchschnittlich über 1000. Das durchschnittliche Molekulargewicht einer Aminosäure abzüglich 1 Mol Wasser ist etwa 100. Dann ist $n_w = 300/18 = 15{,}7$. K ist nach Abschnitt I für Lenzylglyzin $3 \cdot 10^{-6}$. Wir erhalten somit, da wir bei hohem P den zweiten Term vernachlässigen können,

$$\frac{da}{dt} = r\frac{600}{170} \ln \frac{15 \cdot 7}{3} \cdot 10^6 = r \cdot 93 \text{ cal/g Eiweiß}.$$

Den Wert für r können wir vorläufig nur abschätzen. Setzen wir $r = 0{,}1$ je Tag[1]), so erhalten wir

$$\frac{da}{dt} = 9{,}3 \text{ cal/Tag g Eiweiß}.$$

Es handelt sich hierbei selbstverständlich nur um eine rohe Abschätzung, die hauptsächlich von dem für r angenommenen Wert abhängt.

Ein erwachsener Mensch enthält etwa 12 kg Eiweiß; das ergibt einen täglichen Arbeitsaufwand von 110 kcal. Nimmt man einen Wirkungsgrad der chemischen Prozesse von etwa 0,5 an, so ist der Energieaufwand zur Aufrechterhaltung des Eiweißgleichgewichts etwa 200 kcal je Tag, also etwa 10% des Grundumsatzes. Das ist mehr, als die Arbeit des Herzens erfordert. Dieses leistet täglich eine Arbeit von etwa 50 kcal. Bei einem Nutzeffekt dieser Muskelarbeit von 0,3 ist somit der tägliche Verbrauch des Herzens 150 kcal.

(Schluß folgt.)

Literatur.

[1] Schulz, G. V.: Z. physik. Chem. A **182**, 127 (1938). — [2] Borsook u. Huffmann: In C. L. A. Schmidt, The Chemistry of Amino Acids and Proteins, S. 865. 1938. — [3] Menschutkin: Ann. chim. Physique (5) **20**, 229 (1880); **23**, 14 (1881); **30**, 81 (1883). — [4] Cori u. Mitarb. — [5] Bourne, E. J., and S. Peat: J. chem. Soc. Lond. **1945**, 877, 882. — [6] Schönheimer, Chemin u. Rittenberg: J. of biol. Chem. **153**, 401 (1944). — [7] Edsall, J. T.: Advances prot. Chemistry **3**, 384 (1947). — [8] Kuhn, W.: Erg. Enzymforschg **5** (1936). — [9] Bertalanffy, L. v.: Naturwiss. **28**, 521 (1940). — Theoretische Biologie, Bd. II, S. 33. Berlin-Zehlendorf 1942.

Eingegangen am 23. Juli 1949.

[1]) Dann ist die Halbwertszeit 7 Tage und die Zeit für 90% Umsatz 23 Tage. Das entspricht etwa dem Durchschnitt der von amerikanischen Autoren gemessenen Werte.

Haben Bakterien einen Zellkern?

Zur Definition des Zellkerns.

Von GERH. PIEKARSKI, Bonn.

Die Frage nach der Existenz eines Bakterienzellkerns ist in den vergangenen 15 Jahren in besonderem Maße Gegenstand der zytologischen Forschung gewesen. Ihre Beantwortung drehte sich im wesentlichen um den Nachweis eines feulgenpositiven Körpers. Seine Existenz wurde erstmalig durch die Untersuchungen von STILLE (1937) und PIEKARSKI (1937) belegt, die sie unabhängig voneinander bei verschiedenen sporenbildenden und sporenlosen Bakterienarten nachweisen konnten. PIEKARSKI bezeichnete diese nuklealpositiven Körper vorläufig als *Nukleoide* (Fig. 1).

Im Gegensatz zu dieser Auffassung stehen Untersuchungen, die nach Anwendung der FEULGENschen Reaktion zu einer diffusen Färbung des ganzen Bakteriums führten. Daraus wurde auch auf eine diffuse Verteilung der Kernsubstanz (Thymonukleinsäure) geschlossen (NEUMANN 1930), THOMAS (1930), STAPP und BORTELS (1931), PIETSCHMANN und RIPPEL (1932), IMSENICKI (1934), SCHÄDE (1939). Aber NEUMANN (1941) und STAPP (1942) schlossen sich nach erneuter Prüfung in Korrektur ihrer früheren Ergebnisse und Deutung der Auffassung von STILLE und PIEKARSKI an. Ebenso revidierte KNAYSI seine frühere Auffassung von der diffus verteilten Kernsubstanz, *die er sich auf Grund elektronenoptischer* Untersuchung gebildet hatte, nachdem er erkannte, daß die nukleal-positive Struktur, z. B. bei üblichen Färbeverfahren durch den hohen Ribosenukleinsäuregehalt des Bakterienzytoplasmas nicht darstellbar ist. Erst durch Beseitigung der Ribosenukleinsäure durch Kultur auf N-freiem Nährboden oder durch Vorbehandlung mit Salzsäure oder Ribonuklease lassen sich die Nukleoide auch durch Färbemethoden, im UV-Licht und elektronenoptisch regelmäßig darstellen. (Die zytologischen Befunde an Bakterien aus den letzten 12 Jahren sind im einzelnen von PIEKARSKI (1949) zusammengestellt worden.)

Die Bestätigung der ersten Befunde durch zahlreiche Autoren und sehr verschiedene Untersuchungsverfahren und die Aufklärung der Ursache für die Schwierigkeit der Erkennung der nuklealpositiven Struktur lassen heute den Schluß zu, daß die *Existenz der Nukleoide als gesichert angesehen* werden darf. Daraus ergibt sich zwangsläufig *die Frage, ob die Nukleoide nicht doch mit einem Nukleus gleichgesetzt werden müssen.*

Kennzeichen des Zellkerns.

Der Zellkern der tierischen und pflanzlichen Zellen ist durch eine Reihe von Kriterien charakterisiert. M. HARTMANN (1947) hält für typische Kernelemente:

1. die Kernmembran,
2. das Chromatin,
3. die Nukleolarsubstanz,
4. den Kernsaft.

Zu diesen vier morphologischen Elementen kommen neuerdings charakteristische Aufgaben des Zellkerns hinzu, die offenbar *nur ihm* eigentümlich sind. Sie bestehen in seiner wesentlichen Beteiligung an der Eiweißsynthese des Zellkerns und des Zytoplasmas (CASPERSSON, 1941). Daher lassen sich heute einer Definition des Zellkerns nicht nur morphologische, sondern auch physiologische Merkmale zugrunde legen. Im einzelnen gelten folgende Merkmale als wesentlich:

1. Der Zellkern stammt stets von seinesgleichen ab und entsteht niemals neu aus dem Zytoplasma („omnis nucleus ex nucleo").

2. Er teilt sich unter Chromosomenbildung, wobei sich a) in der *Mitose* ein Spindelfaserapparat ausbildet, der anscheinend bei der Verteilung der in der

Fig. 1. Bact. proteus, von 5 Std alter Kultur. Nuklealreaktion nach FEULGEN.

Prophase längst gespalteten Chromosomen auf die telophasischen Tochterkerne beteiligt ist, während sich b) bei der *Amitose* auf der Grundlage der *Endomitose* (Endo-Amitose), der sog. inneren Teilung, die Chromosomen ohne Spindelfaserapparat und ohne Ausbildung eines üblichen Meta- und Anaphasestadiums teilen, trennen und schließlich auf Tochterkerne verteilt werden. Dieser Typus charakterisiert wohl die Mehrzahl der Ziliaten-Makronuklei. Die Teilung ganzer Genome erfolgt *simultan* beim Kolpodateilungsmodus (PIEKARSKI, 1939, 1941) *sukzessiv* beim Tachyblastontyp (GRELL, 1949).

3. Der Zellkern enthält Desoxyribosenukleinsäure (Thymonukleinsäure), die mit Hilfe der FEULGENschen Nuklealfärbung und mittels des fermentatischen Abbaues mit spezifischen Nukleasen (Desoxyribonuklease) nachweisbar ist (BRACHET). Die Thymonukleinsäure ist in erster Linie in den Zellkernen, insbesondere in den Chromosomen zu finden. Nur als Ausnahme noch in anderen Zellteilen, z. B. Blepharoblast der Trypanosomen, deren Natur jedoch noch nicht hinreichend geklärt ist und ihre Abstammung vom Zellkern immer noch angenommen wird (HARTMANN, 1947). PIEKARSKI (1949) hat ferner darauf hingewiesen, daß der Blepharoblast auf chemische Substanzen (Trypaflavin, metallorganische Verbindungen, Colchicin), die als Kerngifte bekannt geworden sind, mit Teilungshemmung reagiert. Dadurch entstehen im Endergebnis blepharoblastlose Trypanosomen. Reagiert nur ein einziger Körper in der Zelle feulgenpositiv, so ist er stets mit dem Zellkern identisch.

4. Die feulgenpositiven Anteile des Zellkerns sind anerkannt als Träger von Erbfaktoren und damit von höchster Bedeutung für die Vererbung der Eigenschaften. Die Längsanordnung der Gene gilt allgemein als bewiesen.

5. Bei den Sexualprozessen spielen die Zellkerne eine entscheidende Rolle; in der Regel verschmelzen zwei Zellkerne miteinander.

6. Durch die Untersuchung von CASPERSSON und seiner Schule ist wohl gesichert, daß der Zellkern als Zentrum der Eiweißbildung zu gelten hat, wobei der morphologische, als Euchromatin definierte Anteil die höheren Eiweißkörper vom Typus der Albumine und Globuline induziert, während das ebenfalls morphologisch definierte Heterochromatin für die Eiweißkörper vom einfacheren Histontyp wichtig ist.

Diese Charakteristika sind wohl bei allen Zellkernen höherer Tiere und Pflanzen mehr oder weniger deutlich zu finden.

Die neuesten zytologischen Untersuchungen von GRELL haben uns im Hinblick auf die Beurteilung der Amitose[1]) einen wesentlichen Schritt weitergebracht, weil sie zeigten, daß offenbar die Amitose der Mitose keineswegs unterlegen ist oder als degenerativ angesehen werden darf. Dieser Teilungsmodus hat anscheinend bestimmte Aufgaben zu erfüllen, die die gewöhnlichen einkernigen Zellen nicht zu erfüllen brauchen; darüber ist jedoch noch keine Klarheit gewonnen worden und wir sind auf Vermutungen angewiesen. Sicher ist jedoch, daß die Amitose ebenfalls im Stande ist, das Erbgut richtig verteilt weiter zu geben, wie jeder andere sich mitotisch teilende Zellkern, wie die zahlreichen Stämme und ununterbrochenen Kulturen mikronukleusloser Ziliatenstämme beweisen, die sich über viele Jahre ungehemmt zu vermehren vermochten.

Die Definition, die BELAR dem Zellkern gab, darf dahingehend erweitert werden, daß der Zellkern bei seiner Teilung zwar Chromosomen bildet, daß diese Chromosomen jedoch nicht unbedingt erkennbar werden müssen. Noch wesentlicher erscheint es, daß es auf Grund der Ergebnisse von CASPERSSON und Mitarbeiter möglich geworden ist, *die Aufgaben des Zellkerns* genauer zu präzisieren. So kommen bei einer Definition des Zellkerns zu den morphologischen Kriterien auch chemisch-physiologische.

Die zytologischen Befunde bei Bakterien.

Solange es gelingt, in jeder Zelle einen chromosomenbildenden Zellkern nachzuweisen, sind diese Erörterungen wenig problematisch. Sie gewinnen aber an Gewicht, wenn die mikroskopisch-morphologische Untersuchung von Kernen oder kernähnlichen Strukturen eine Auflösung der Struktur in Chromosomen nicht mehr erlaubt, oder wenn tatsächlich aller Wahrscheinlichkeit nach wirklich keine Chromosomen mehr gebildet werden. Diese Verhältnisse liegen offenbar *bei den Bakterien* und *Cyanophyzeen* vor (wahrscheinlich auch bei den Rickettsien-, vielleicht auch bei den großen Virusarten). Diese Organismengruppe wurde bisher als zellkernlose angesehen und von verschiedenen Forschern daraufhin zum sog. „Bakterienreich" (R. MÜLLER) zusammen und dem Tierreich bzw. „Pflanzenreich" als prinzipiell andersartig gebaut gegenübergestellt.

Diese Auffassung war so lange zulässig, wie die Frage nach dem Aufbau der Bakterienzelle, insbesondere das Zellkernproblem bei den Bakterien, ungeklärt blieb. Die diesbezüglichen Untersuchungsergebnisse der vergangenen 12 Jahre haben jedoch hier einen grundsätzlichen Wandel gebracht (vgl. PIEKARSKI, 1949). Es ist inzwischen ein ganzer Komplex gleichsinniger, morphologischer, chemischer und chemisch-physiologischer Befunde beigebracht worden, der es wahrscheinlich macht, daß die Bakterien nicht nur ein Kernäquivalent besitzen, das diffus im Zellplasma eingelagert und morphologisch-mikroskopisch nicht erfaßbar ist (sog. „diffuse Zellkerne"), sondern es sind von zahlreichen Autoren mit Hilfe verschiedener Untersuchungsmethoden jederzeit reproduzierbare zytologische Befunde bei vielen Bakterienarten erhoben worden, die mit den oben als für den Zellkern charakteristischen Eigentümlichkeiten in einem hohen Maße übereinstimmen.

1. Es wurden — inzwischen bei zahlreichen gramnegativen und grampositiven Bakterien — Körper nachgewiesen, die wegen ihrer Kernähnlichkeit als *Nukleoide* (PIEKARSKI, 1937), „Kerne" (STAPP, 1941), Chromosomen (ROBINOW u. a.) oder indifferenter als Chromatinkörper bezeichnet wurden. Die Nukleoide stammen immer nur von ihresgleichen ab und entstehen nicht neu im Zytoplasma.

Wenn man diese Körper bisher nicht jederzeit reproduzierbar darstellen und anfärben konnte, so haben wir dafür heute eine sichere Erklärung: Die Bakterien färben sich im allgemeinen mit Kernfarbstoffen einheitlich an und lassen keine Innenstrukturen erkennen. Daraus resultierte die Auffassung, die Bakterienzelle als Ganzes sei als Zellkern zu deuten. Diese starke Basophilie der Bakterienzelle geht aber auf ihren hohen Gehalt an Ribosenukleinsäure zurück, welche die Innenstrukturen und damit auch die Nukleoide gleichsam maskiert. Vermag man diesen „Vorhang" zu beseitigen, so gelingt es, die kernähnliche Struktur erkennbar zu machen. Die FEULGENsche Nuklealreaktion hatte dabei den Weg gewiesen.

2. Die Nukleoide sind eindeutig feulgenpositiv, enthalten also Desoxyribosenukleinsäure (vgl. Fig. 1) und sind für den geübten Untersucher trotz der starken Aufhellung der Objekte im eingebetteten mikroskopischen Präparat selbst in Einzellschichten auffindbar. Die Strukturen sind jedoch nicht so kontrastreich wie etwa die Chromomeren in den Speicheldrüsenchromosomen der Dipteren, so daß es z. B. erhebliche Schwierigkeiten bereitet, eine gute mikrophotographische Aufnahme anzufertigen. Diese Umstände veranlaßten mich, bereits bei den ersten Untersuchungen (1937) die nuklealgefärbten Präparate mit Giemsalösung (oder Karminessigsäure) vorsichtig nachzufärben, um so kontrastreichere Bilder zu gewinnen. Die Ergebnisse der Nuklealfärbung wurden dadurch in keiner Weise geändert. Sie blieben auch bestehen, wenn die Bakterienzellen nur der milden salzsauren Hydrolyse ausgesetzt und anschließend mit Giemsalösung gefärbt wurden. Daß diese Färberesultate nicht etwa als Kunstprodukte der Salzsäure gedeutet werden dürfen, beweisen die Untersuchungen von BADIAN (1933), PIEKARSKI (1937)

[1]) Bei der vorliegenden Betrachtung gilt als einzig gesicherter, normaler Fall einer Amitose der der Großkerne bei den Ziliaten.

und NEUMANN (1942), die mit der gewöhnlichen Giemsalösung die gleichen Strukturen darstellen konnten, wie sie die Salzsäure-Giemsafärbung (HCl-Giemsa) gewinnen läßt.

Die HCl-Giemsafärbung wurde dann von zahlreichen Forschern zum Teil in Verbindung und vergleichend mit der Nuklealfärbung systematisch angewandt (ROBINOW), zum Teil als einzige Untersuchungsmethode zum Studium der Bakterienkernstruktur benutzt (z.B. KLIENEBERGER-NOBEL, BISSET).

3. Solange die HCl-Giemsafärbung nur einer Erfahrung entsprang und ihre Grundlagen nur mangelhaft erklärt werden konnten, blieb ihr Wert beschränkt. Durch VENDRELY und LIPARDY wurde dann aber angenommen, daß die Salzsäurevorbehandlung die Ribosenukleinsäure des Zytoplasmas, die für die Basophilie der Bakterienzelle verantwortlich gemacht wurde, eliminiere und so die kernähnlichen Strukturen anfärbbar mache. Sie vermochten diese Vermutung durch Anwendung spezifischer Fermente zur Gewißheit zu machen. Werden Bakterien mit *Ribonuklease* behandelt, dann wird die Ribosenukleinsäure des Zytoplasmas abgebaut und nachträgliche Färbung mit Giemsalösung läßt die kernähnlichen Körper deutlich erkennen. Läßt man dagegen Desoxyribonuklease einwirken, so bleiben die Bakterien bis auf die Stellen, an denen die kernähnlichen Körper liegen, gefärbt. Nach Einwirkung *beider* Fermente verlieren die Bakterien vollständig ihre Färbbarkeit für basophile Farbstoffe. Diese Ergebnisse bestätigten die Resultate der Nuklealfärbung bei Bakterien und erwiesen zugleich die Spezifität der FEULGENschen Nuklealreaktion.

Mit diesen Methoden ergab sich also zusammenfassend:

1. Die Nukleoide entstehen niemals neu in einem Bakterium, sondern sie stammen immer wieder von ihresgleichen ab. Sie werden bei den sporenbildenden Bakterien über die Sporen an die neue vegetative „Generation" weitergegeben (Fig. 2).

2. Sie enthalten Desoxyribosenukleinsäure (Thymonukleinsäure). Diesen Nachweis führten: a) mit Hilfe der Nuklealreaktion nach FEULGEN: STILLE (1937), PIEKARSKI (1937, 1938, 1939, 1941), NEUMANN (1942), STAPP (1942), ROBINOW (1941), MALMGREN und HEDEN (1948), KNAYSI (1941, 1948); b) unter Verwendung spezifischer Fermente, Desoxyribonuklease und Ribonuklease: BOIVIN, VENDRELY, LIPARDY und MINCK (1947); c) mit der HCl-Giemsafärbung PIEKARSKI, ROBINOW, KLIENEBERGER-NOBEL, BISSET, BRAUN und YALIM.

Die kernähnlichen Körper, die mit der Nuklealfärbung, mit der HCl-Giemsafärbung und nach Behandlung mit spezifischen Fermenten jederzeit reproduzierbar darstellbar sind, messen etwa 0,3 μ und lassen dementsprechend keine Feinstruktur erkennen. Auch das Elektronenmikroskop hat die Ergebnisse der obengenannten Methoden nur bestätigt, nicht erweitert. Ebenso blieben Versuche, mit UV-Strahlen eine Auflösung der kernähnlichen Struktur zu erreichen, ergebnislos. Die Ursache für die Unbrauchbarkeit dieser Untersuchungsmethoden bei der Suche nach den Kernstrukturen lag wiederum in dem hohen Ribosenukleinsäuregehalt des Bakterienzytoplasmas. Die UV-Strahlen differenzieren nicht zwischen den beiden in Frage stehenden Nukleinsäuren. Wiederum erlaubt erst eine Vorbehandlung der Bakterien mit Ribonuklease die Nukleoide auch im UV-Mikroskop regelmäßig abzubilden. Im Elektronenmikroskop lassen sie sich u. a. darstellen, wenn durch N-freien Nährboden das Zytoplasma arm an Ribosenukleinsäure geworden ist (BAKER und KNAYSI, 1948) (Fig. 3).

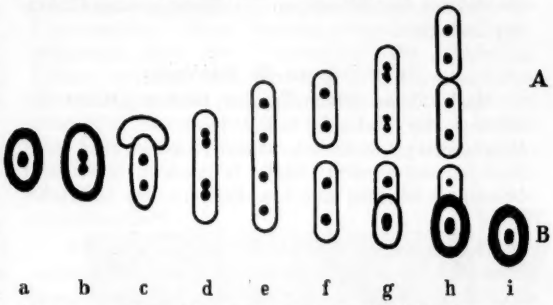


Fig. 2 a—i. Schematische Darstellung der kernähnlichen Körper bei sporenbildenden Bakterien; in der Spore (a—b), bei der Sporenkeimung (b—c), bei vegetativer Vermehrung (*A*, c—h) und Sporenbildung (*B*, g—i) nach der Auffassung von STILLE 1937, PIEKARSKI 1940.

Nach allem, was bekanntgeworden ist, erscheint es sehr unwahrscheinlich, daß die Nukleoide der Bakterienzelle bei ihrer Teilung noch Chromosomen ausbilden. Allerdings wurden von BISSET neuerdings Beobachtungen mitgeteilt, nach denen die Nukleoide, aus zwei Chromosomen zusammengesetzt, sich paarweise teilen und immer paarweise weitergegeben werden. Mit der Nuklealreaktion ist dieser Befund bisher nicht bestätigt, sondern nur mit der HCl-Giemsamethode erhoben worden. Die Teilung ist also allem Anschein nach wie amitotisch. Allerdings stehen wir in diesem Falle vor der Unmöglichkeit, diesen Fall einer „Amitose" wie bei der des Makronukleus der Ziliaten dennoch durch die Endomitose gleichsam zu retten. Wir sind hier an der Grenze der lichtoptisch noch auflösbaren Strukturelemente und können auf Grund unserer sonstigen Kenntnisse von der Kern- und Chromosomenstruktur und ihrem Verhalten bei der Teilung nur als wahrscheinlich annehmen, daß sich hier vielleicht im makromolekularen Bereich grundsätzlich das Gleiche abspielt, was wir heute bei den Makronuklei der Ziliaten noch optisch erfassen können.

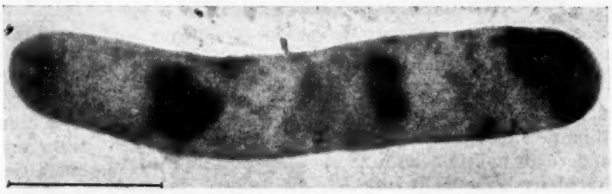


Fig. 3. Bac. mycoides. Elektronenmikroskopische Aufnahme nach Aufenthalt in N-freiem Nährboden, 16 Std alte Kultur bei Zimmertemperatur 23500 × : 50 KV (nach KNAYSI und BAKER 1947).

Doch damit blieben wir, wie bisher, im morphologischen Bereich stecken. Darüber hinaus führen nun die Befunde von MALMGREN und HEDEN, die den Nachweis erbrachten, daß die von CASPERSSON für das Euchromatin und Heterochromatin des

Metazoenzellkerns nachgewiesenen Funktionen von homologen Nukleinsäuresystemen in der Bakterienzelle erfüllt werden, d. h. MALMGREN und HEDEN erblicken in den Nukleoiden das Homologon des Euchromatin-Desoxyribosenukleinsäuresystems, das die höheren Eiweißkörper produziert und sehen in der Ribosenukleinsäure des Zytoplasmas das Äquivalent des Heterochromatin-Nukleoluskomplexes, welcher die Produktion der einfacheren Eiweißkörper vom Histontyp induziert.

Der Zellkern der Bakterien.

Nach diesen Feststellungen können meines Erachtens die *Bakterien nicht mehr als zellkernlose Organismen grundsätzlich von den Protozoen und Metazoen getrennt werden.* Damit soll jedoch noch nicht behauptet werden, daß der Zellkern der Bakterien

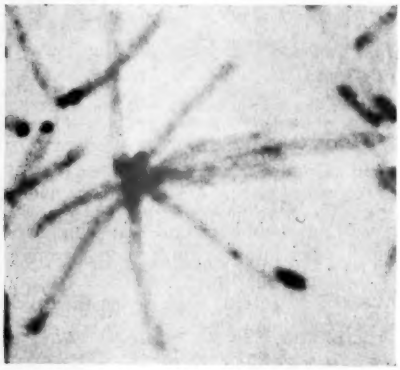


Fig. 4. Pseudomones tumefatiens, feulgenpositive Körper zur Vereinigung in die Mitte des „Sterns" gewandert. Nuklealreaktion (nach STAPP 1942).

auch *morphologisch* mit dem der Metazoen übereinstimmt. Faßt man ihn aber nicht als morphologische, sondern als funktionelle Einheit auf, so besteht meines Erachtens keine Schwierigkeit, die beiden Nukleinsäuresysteme der Bakterienzelle mit dem Zellkern der höheren Organismen gleichzusetzen. Danach würde das Nukleoid mit dem Euchromatin identisch sein (MALMGREN und HEDEN). Daß das Heterochromatin fehlt, läßt sich jedoch morphologisch nicht nachweisen, denn auch das Heterochromatin ist feulgenpositiv. Es fehlt jedoch, wenn wir die einzelnen Teile des Metazoenzellkerns nach dem Schema von CASPERSSON und der eingangs erwähnten Kennzeichnung des Kernes nach HARTMANN betrachten, der *Nukleolus*, jedoch ist dessen Produkt, die Ribosenukleinsäure, im direkten Zusammenhang mit der Eiweißvermehrung im Zytoplasma nachweisbar. Ferner fehlt die Kernmembran.

Mit den zytologischen Befunden läßt sich die Vorstellung verbinden, daß der *Nukleolus*, der nach CASPERSSON Eiweiß vom Histontyp ansammelt und dann „im Zytoplasma die Bildung von Ribosenukleotiden induziert" bei den Bakterien im Zytoplasma gleichsam *diffus* lagert; denn das Produkt dieses Prozesses, die Ribosenukleinsäure, ist bei den Bakterien jedenfalls einwandfrei und in Abhängigkeit von der Eiweißbildung im Zytoplasma nachweisbar.

Aus diesen Überlegungen ergibt sich meines Erachtens die Möglichkeit, den Bakterien einen Zellkern zuzusprechen. Dabei würde allerdings die Definition des Zellkerns von den rein morphologischen Kriterien zum Teil abgehen und die funktionell-vegetativen in stärkerem Maße berücksichtigen müssen. Danach wäre als *Zellkern (Nukleus) der Teil der Zelle zu verstehen, der stets nur aus seinesgleichen entsteht, Desoxyribosenukleinsäure enthält* (im allgemeinen daher feulgenpositiv reagiert), *sich vor jeder Zellteilung mit oder ohne erkennbare Chromosomenbildung mitotisch oder amitotisch teilen kann und das Zentrum der Eiweißsynthese in der Zelle darstellt.*

In diese Definition passen alle einschlägigen zytologischen und physiologisch-chemischen Beobachtungen an der Bakterienzelle hinein. Der Nukleolus fehlt morphologisch, aber sein Produkt ist im Zytoplasma nachweisbar. Es fehlt wohl eine eigene Kernmembran[1]). Für die Berechtigung zur Gleichsetzung der Nukleoide mit den erbbiologisch wichtigen Teilen des Zellkernes sprechen verschiedene Beobachtungen über ihr Verhalten im Verlauf eines Formwechsels. Nur ein Beispiel sei hier erwähnt:

Von STAPP wurde bei *Pseudomonas tumefaciens*, die schon seit längerer Zeit bekannte Sternbildung dieser Bakterienart zytologisch untersucht. Er beobachtete dabei, in den einzelnen Bakterien, die sich zu einem sog. Stern zusammenlegen, einen oder zwei nuklealpositive Körper, seltener 3 oder 4. Trifft man bei der Färbung „das richtige Stadium", so zeigt sich, daß die Einzelglieder der Sterne jeweils immer nur einen Körper an oder in der Nähe des zentripetalen Poles tragen. Offenbar verschmelzen diese zu dem größeren „Kern", der schließlich im Zentrum des „Sterns" anzutreffen ist (Fig. 4). Er ist meist kugelig, bei den Raupenformen mehr gestreckt. Im späteren Stadium zeigt der zentrale Körper eine Struktur, die seinen folgenden Zerfall ankündigt. Er zerfällt in so viele Teile, wie ihn vorher zusammensetzen; jedes Einzelglied des „Sterns" besitzt schließlich jeweils einen polaren Körper. Dieser wandert in das Innere der Stäbchen, die bereits im Verlauf der Sternbildung an Länge und Stärke zugenommen hatten. Der Körper teilt sich, die Stäbchen teilen sich und es entstehen wieder die lebhaft beweglichen Kurzstäbchen mit jeweils einem oder zwei feulgen-positiven Körpern.

Derartige zytologisch belegbare Verschmelzung mehrerer „Chromatinkörper", Chromosomen, „Kerne" oder wie sie sonst unsicher bezeichnet werden, sind in den letzten Jahren wiederholt beschrieben (vgl. bei NEUMANN, KLIENEBERGER-NOBEL, BISSET) und vereinzelt auch von mir beobachtet worden. Bei sporenbildenden Bakterien treten solche Verschmelzungen der kernähnlichen Körper vorwiegend vor der Ausbildung der Dauerstadien auf. Sie verdienen heute bereits besondere Beachtung, wenn man bedenkt, daß sich die experimentellen Befunde über erfolgreiche Kreuzungsversuche bei Bakterien häufen (Austausch von Eigenschaften — abgesehen von den Transmutationen). Sie weisen darauf hin, daß auch bei Bakterien „Sexualprozesse" mit großer Wahrscheinlichkeit zu erwarten sind.

Schlußfolgerungen.

Fassen wir die oben mitgeteilten Befunde und Gedanken noch einmal kurz zusammen, so ergibt sich:

I. Der *Metazoenzellkern* ist charakterisiert durch:
a) die Kontinuität seiner Existenz,
b) Teilung vor der Zellteilung unter Chromosomenbildung bei der Mitose oder Endomitose,

[1]) In abgewandelter Form könnte man (wiederum) die ganze Bakterienzelle dem Nukleus gleichsetzen. Dabei wäre das Nukleoid der eu- bzw. heterochromatische Teil des Nukleus. Die Bakterienmembran wäre mit der zu fordernden Kernmembran identisch. Grundsätzlich würde sich mit dieser Deutung an unseren Schlußfolgerungen nichts ändern.

c) Gehalt an Desoxyribosenukleinsäure (Thymonukleinsäure), die den Ort der Produktion höherer Eiweißkörper und die Träger der Erbfaktoren kennzeichnet,
d) Nukleolusbildung und Ribosenukleinsäureproduktion zur Synthese von Zytoplasmaeiweiß,
e) Beteiligung an Sexualprozessen unter Neukombination von Eigenschaften.

II. Die *Bakterienzelle mit dem Nukleoid* stimmt mit diesen Kriterien in folgendem überein:
a) in der Kontinuität der Existenz der Nukleoide,
b) ihre Teilung vor der Zellteilung (ohne Entscheidungsmöglichkeit über den Teilungsmodus),
c) in dem Gehalt an Desoxyribosenukleinsäure (Thymonukleinsäure) als Ort der Produktion höherer Eiweißkörper,
d) und Ribosenukleinsäurereproduktion zur Zytoplasma-Eiweißsynthese (ein Nukleolus ist mikroskopisch nicht nachweisbar),
e) mögliche Beteiligung der Nukleoide an „Sexualprozessen" (Verschmelzung und Aufteilung von zwei oder mehreren Nukleoiden).

Die Übereinstimmung zwischen dem Metazoenzellkern und der Bakterienzelle mit dem Nukleoid in wesentlichen Punkten ist nicht zu bestreiten. Morphologisch unterscheidet sich der Bakterien- von dem Metazoenzellkern:

1. durch die wohl sicher fehlende Mitose,
2. durch das Fehlen des Nukleolus,
3. durch das wahrscheinliche Fehlen der Kernmembran.

In Anbetracht der Größenverhältnisse bei den Bakterien sind diese Tatsachen nicht überraschend. Im Hinblick auf die bedeutsameren physiologisch-chemischen Übereinstimmungen hinsichtlich der Funktionen und Aufgaben des Zellkerns verlieren die morphologischen Kriterien wesentlich an Gewicht. Daher wäre zu erwägen, den *Zellkern als den Zellanteil zu definieren, der, wenn in der Einzahl notwendig vorhanden und aus seinesgleichen hervorgehend, Thymonukleinsäure enthält, sich vor jeder Zellteilung mit oder ohne Chromosomenbildung mitotisch oder amitotisch teilt und das wichtigste Zentrum für den Eiweißstoffwechsel der Zelle darstellt.*

Dieser Definition entsprechen die zytologischen und chemisch-physiologischen Befunde bei den Bakterien. Sie setzt die Richtigkeit der Befunde von MALMGREN und HEDEN voraus. Die Bakterien hätten danach nur keinen morphologisch einheitlichen Zellkern, sondern im Nukleoid die Kriterien II a, b, c und e vereinigt, während d im Zytoplasma gelegen ist. Danach wäre *das Nukleoid nicht mit dem Nukleus gleichzusetzen*, sondern nur das Homologen zu den Chromosomen. Dieser Deutung entsprächen die Beobachtungen über den Formwechsel der Nukleoide. Daher erscheint die Deutung der thymonukleinsäurehaltigen Körper als Chromosomen wie sie von ROBINOW, KLIENEBERGER-NOBEL und vorher bereits von BADIAN, dann wieder von BISSET vorgenommen durchaus naheliegend, insbesondere, wenn sich bestätigen sollte, daß sie sich aus zwei Elementen zusammensetzen.

Wir können auf Grund der zahlreichen Untersuchungsergebnisse heute nicht mehr die Auffassung anerkennen, die z. B. vor fast 40 Jahren R. MÜLLER (1911) wohl erstmalig und 1947 erneut vertrat, nach der nur unbedeutende „Nukleinmolekeln" aufgefunden worden seien. Dem angenommenen „Fehlen eines Chromosomenkerns und der darauf beruhenden karyokinetischen Geschlechtlichkeit" ist der Nachweis der Nukleoide, ihrer Funktion und ihres Formwechsels (mit Vereinigung und Trennung) gefolgt, die noch eingehender Untersuchung bedürfen, aber nicht mehr als unbedeutend angesehen werden dürfen.

Letzte Publikationen.

(Mit zahlreichen Literaturangaben.)

KNAYSI, G.: Bacteriol. Rev. **12**, 19 (1948). — Bot. Rev. **15**, 106 (1949). — MALMGREN, B., u. C. G. HEDEN: Acta pathol. microbiol. scand. **24**, 418 (1947). — PIEKARSKI, G.: Erg. Hyg. **26** (1949).

Universität Bonn.

Eingegangen am 30. September 1949.

Berichte.

Goethes Geologie.

Von WOLF V. ENGELHARDT, Hannover.

Von der Neuausgabe der naturwissenschaftlichen Schriften Goethes, die im Auftrage der Deutschen Akademie der Naturforscher (Leopoldina) zu Halle von GÜNTHER SCHMID, WILHELM TROLL und LOTHAR WOLF herausgegeben im Verlag Böhlau erscheint, liegen jetzt die ersten beiden Bände vor, enthaltend die sämtlichen Schriften zur Geologie und Mineralogie, bearbeitet von GÜNTHER SCHMID[1]). Entsprechend dem Plan des Gesamtwerkes soll diesen beiden Textbänden ein Kommentar folgen, dessen Erscheinen jedoch leider durch das Hinscheiden des verdienstvollen Bearbeiters nun auf unbestimmte Zeit verzögert ist. Die vorliegenden Bände enthalten in chronologischer Reihenfolge alle Dokumente zur Geologie und Mineralogie, sowohl die geschlossenen Abhandlungen, als auch alle auf Mineralogie und Geologie bezüglichen Stücke aus Tagebüchern, Gesprächen und Dichtwerken, die wichtigsten Stellen aus den Briefen, sowie zahlreiche, bisher unveröffentlichte Aufzeichnungen des Nachlasses. Die Texte werden illustriert durch insgesamt 54 Tafeln, die in vorzüglicher Wiedergabe die Goetheschen Zeichnungen zur Geologie sowie zahlreiche in seinem Auftrage ausgeführte Kreidezeichnungen geologischer Gegenstände von der Hand des Malers GEORG MELCHIOR KRAUS enthalten. In diesem schönen Werk liegt in bisher noch nie erreichter Vollständigkeit das gesamte Material vor, das uns Goethe von seiner geologischen und mineralogischen Tätigkeit hinterlassen hat.

In seiner Geschichte der Geologie (1899) kommt ZITTEL zu dem Ergebnis, daß Goethes geologische Leistungen keine nennenswerte Bedeutung hätten, und in der Darstellung der Entwicklungsgeschichte der mineralogischen Wissenschaften von GROTH (1926) wird der Name Goethes überhaupt nicht erwähnt. In der Tat sind fast alle größeren geologischen Theorien, so wie sie von Goethe ausgesprochen wurden, vom Standpunkt der heutigen Erkenntnis aus gesehen falsch. Eine pragmatische Darstellung der Geschichte der geologisch-mineralogischen Wissenschaften könnte daher wohl mit Recht über die Goetheschen Leistungen auf diesen Gebieten in aller Kürze hinweggehen. Man wird also fragen dürfen, ob ein Werk wie das vorliegende den Geologen, Mineralogen und Naturforscher von heute überhaupt etwas angehen kann, ob es nicht vielleicht nur ein weiteres Hilfsmittel für den großen Apparat der philologischen und biographischen Goetheforschung darstellt.

[1]) GOETHE: Die Schriften zur Naturwissenschaft. Vollständige mit Erläuterungen versehene Ausgabe, herausgegeben im Auftrage der Deutschen Akademie der Naturforscher (Leopoldina) zu Halle von GÜNTHER SCHMID, WILHELM TROLL und LOTHAR WOLF. Verlag Hermann Böhlaus Nachfolger, Weimar. — Erste Abteilung: Texte. — I. Band: Schriften zur Geologie und Mineralogie 1770 bis 1810. Herausgegeben von GÜNTHER SCHMID. 393 S. mit 20 Tafeln. 1947. — II. Band: Schriften zur Geologie und Mineralogie 1812 bis 1832. Herausgegeben von GÜNTHER SCHMID. 438 S. mit 34 Tafeln. 1949.

Hier wäre auf das Buch von SEMPER (Die geologischen Studien Goethes, Leipzig 1914) hinzuweisen. Diese gründliche und sorgfältige Arbeit untersucht Goethes Ansichten in ihrem ganzen Zusammenhang und auf dem Hintergrund der geologischen Theorien der Vorgänger und Zeitgenossen und kann zur Erläuterung von Goethes Werk auch heute noch durchaus empfohlen werden. Und doch wird der Leser der neuen Sammlung der Goetheschen Geologieschriften empfinden müssen, daß SEMPER am Wesentlichen und Eigentümlichen vorbeigeht. Er sieht die Goetheschen Ansichten und Leistungen allzusehr vom Blickpunkt der heutigen Wissenschaftsauffassung, und im Mittelpunkt seiner Untersuchungen steht die logische Struktur der Goetheschen Geologie, d. h. die Art seiner Schlußfolge von der Naturbeobachtung zur Theorie. Die dabei von Goethe seiner Meinung nach begangenen Fehler sieht SEMPER als paradigmatisch an für jede geologische Theorienbildung und insbesondere für die heutige theoretische Geologie, die in diesem Sinne von Goethes Fehlern lernen soll.

Nun ist es aber gerade der stärkste Eindruck, den man aus der jetzt vorliegenden Gesamtheit der Goetheschen Schriften zur Geologie und Mineralogie gewinnt, daß gerade nicht im Logischen und in der Theorienbildung überhaupt — wenn man Theorie und Logik im Sinne der modernen Forschungsrichtung meint — die Stärke und Lebendigkeit der Goetheschen Leistung liegt. Hier wurde er von Zeitgenossen übertroffen und von den Nachfahren überholt. Stark und lebendig ist die Kraft seiner Anschauung, mit der er die besonderen Formen des Steinreiches erkennt. Unüberholt ist die synthetische Methode, nach der er das Angeschaute zu einem Bilde vereint, eine Synthese, die man mit einem Goetheschen Wort als Morphologie bezeichnen darf. Sie entspricht durchaus der morphologischen Methode der botanischen und anatomischen Arbeiten Goethes. So sind Goethes Geologie, Botanik und vergleichende Anatomie als morphologische Ansichten des Stein-, Pflanzen-, und Tierreiches die einzelnen Teile eines umfassenden morphologischen Naturbildes.

Es war bisher schwierig, die geologischen und mineralogischen Schriften Goethes in diesem Zusammenhang zu sehen, der erst ihre wahre Bedeutung erhellt. Die einzelnen Dokumente waren in den Ausgaben der Werke verstreut oder überhaupt nur unvollständig bekannt. So sei aus Anlaß der neuen schönen Ausgabe ein Versuch gestattet, die Grundlinien der morphologischen Geologie Goethes aufzuweisen.

Zunächst werden wir bei dem Ursprung und der Art Goethescher Naturbeobachtung zu verweilen haben. Am Beispiel des Granits werden wir dann erkennen, wie aus der Anschauung eine Morphologie oder Gestaltenlehre des Steinreiches entsteht. Natürlich kann auf diesem Wege nur ein Teil der Goetheschen Mineralogie und Geologie berührt werden, ein Teil aber, der wohl den Kern dieser Wissenschaften, so wie Goethe sie verstand, ausmacht und der uns zeigen kann, was Goethe in den 55 Jahren seines Lebens suchte, die er in ständiger Berührung mit den Gestalten des Steinreiches verbrachte.

In der Geschichte seines botanischen Studiums schildert Goethe, wie die Bildung seiner Jugend alte und neue Sprachen, rhetorische und poetische Übungen, Sittlichkeit und Religion, aber keinerlei Gegenstände der Natur umfaßte: „Von dem hingegen, was eigentlich äußere Natur heißt, hatte ich keinen Begriff und von ihren sog. drei Reichen nicht die geringste Kenntnis." Die Beschäftigung mit der Geologie entsprang daher ebenso wie die Tätigkeit auf den Gebieten der Botanik, Anatomie und Farbenlehre durchaus der unmittelbaren Berührung mit der Natur. Zu den ersten deutlichen Zeugnissen der Ergriffenheit gehören die Aufzeichnungen von der ersten Schweizer Reise des Jahres 1779. So schließt z. B. die überaus plastische Schilderung der Felsbildungen einer Schlucht mit den Worten: „Man ahndet im Dunkeln die Entstehung und das Leben dieser seltsamen Gestalten. Es mag geschehen sein, wie und wann es wolle, so haben sich diese Massen nach der Schwere und Ähnlichkeit ihrer Teile groß und einfach zusammengesetzt . . . Man fühlt tief, hier ist nichts Willkürliches, alles ist langsam bewegendes, ewiges Gesetz" (I, 8)[1]. Was auf dieser Reise dunkel gefühlt und doch schon mit aller Entschiedenheit ausgesprochen wurde, bleibt von nun an immer lebendig: die toten Gestalten der Felsen und Steine sprechen von ihrem Leben und Entstehen, fordern die Anteilnahme und die Tätigkeit des nachgestaltenden Geistes.

„Mit einer recht leidenschaftlichen Neigung" sagt Goethe, habe er sich den Geheimnissen des Steinreiches zugewandt (I, 58), und nicht anders kann man wirklich diese Neigung bezeichnen, die weit hinausging über alles, was man etwa eine Liebhaberei nennen könnte. Sie begleitet ihn seit den Jahren um 1779 bis an das Ende seines Lebens und keine Liebe zu irgendeinem Naturreich und zu irgendeiner Naturwissenschaft hat ihn länger und stetiger gefesselt als diese leidenschaftliche Neigung zur Geologie und zum Reich der Steine. Fast alle Reisetagebücher seit jenen ersten Weimarer Jahren enthalten geologische Beobachtungen, Berichte über aufgesammelte Gesteins- und Mineralarten, geologische Deutungen des Landschaftsbildes. Es entstehen so vom Harz, von Sachsen, Böhmen, Sizilien und anderen Gegenden Landschaftsbeschreibungen von so reiner und zarter Klarheit, wie sie sich nur einem Blick enthüllen können, der unter dem Schleier des Äußeren nach dem inneren Gesetz der geologischen Architektur sucht. Besonders eindrucksvoll sind die Zeugnisse von seiner ersten italienischen Reise, wo wir ihn doch gefesselt glauben von Erlebnissen ganz anderer Art. „Ich komme mir vor wie Antäus" schreibt er da von Bologna am 20. Oktober 1786, „der sich immer neu gestärkt fühlt, je kräftiger man ihn mit seiner Mutter Erde in Berührung bringt" (I, 132).

Dieses Berühren bedeutet die unmittelbare und lebendige Anschauung der natürlichen Phänomene, und so liegt ihm alles am Herzen, was diese Anschauung bewahrt. Er zeichnet und sammelt. „Die Felsen waren so prächtig", schreibt er aus dem Gebirge am Brenner und weiter: „Auch kann ich ohne Beschwerde von jedem Gestein ein Stück mitnehmen, wenn ich nur mein Auge und meine Begierde an ein kleineres Maß gewöhnen kann" (I, 127). Von manchen Aufsammlungen gibt es Beschreibungen, so vor allem von der Sammlung Karlsbader Gesteine und Minerale, die ursprünglich vom Steinschneider MÜLLER in Karlsbad zusammengestellt und vertrieben, durch Goethe eine neue Anordnung und Bekanntmachung erfuhr. Hier tritt die reine Kraft der Goetheschen Sprache ganz in den Dienst der Formen und Farben dieser Gesteine und Minerale, die vor dem Auge des Lesers in einer Deutlichkeit erstehen, wie sie von neueren Naturschilderern nur selten erreicht wurde (I, 331).

Aus der mit seltener Intensität erlebten Anschauung der natürlichen Dinge entwickelt sich nun eine Zusammenschau, die man die Goethesche Wissenschaft von den Steinen nennen könnte, wenn man den Begriff der Wissenschaft weiter faßt als es die heutige, nach Ursachen und Prozeßabläufen fragende Methode der Forschung zuläßt. Die Goethesche geologische Wissenschaft bewegt sich in eine andere Richtung, sie ist zunächst nichts anderes als eine fortgesetzte, sublimierte Anschauung und wir können sie in ihrem wesentlichen Gehalt nicht besser bezeichnen als mit dem Goetheschen Wort Morphologie.

Zwar hat Goethe den Terminus Morphologie im Zusammenhang mit geologischen Gegenständen nicht verwendet. Er ist im Rahmen seiner botanischen und anatomischen Schriften definiert, dort aber in solcher Breite und mit ausdrücklicher Bezugnahme auf die anorganische Natur gefaßt, daß wir seines Einverständnisses sicher sein dürfen, wenn wir ihn auch auf Mineralogie und Geologie anwenden, zumal das Wort Gestalt, das den Gegenstand der Morphologie bezeichnet, immer wieder und der morphologische Begriff der Metamorphose an einer sehr wesentlichen Stelle (I, 380) der geologischen Schriften vorkommt.

„Morphologie" sagt Goethe, „ruht auf der Überzeugung, daß alles, was sei, sich auch anzeigen und zeigen müsse. Von den ersten physischen und chemischen Elementen an, bis zur geistigsten Äußerung des Menschen lassen wir diesen Grundsatz gelten. Wir wenden uns gleich zu dem, was Gestalt hat. Das Unorganische, das Vegetative, das Animale, das Menschliche deutet

[1]) Die Zahlen hinter den Zitaten verweisen auf Band und Seiten der neuen Ausgabe.

sich alles selbst an, es erscheint als was es ist unserm äußern, unserm innern Sinn. Die Gestalt ist ein Bewegliches, ein Werdendes, ein Vergehendes. Gestaltenlehre ist Verwandlungslehre. Die Lehre der Metamorphose ist der Schlüssel zu allen Zeichen der Natur." Und an einer anderen Stelle seiner biologischen Schriften: „Der Deutsche hat für den Komplex des Daseins eines wirklichen Wesens das Wort Gestalt. Er abstrahiert bei diesem Ausdruck von dem Beweglichen, er nimmt an, daß ein Zusammengehöriges festgestellt, abgeschlossen und in seinem Charakter fixiert sei. Betrachten wir aber alle Gestalten, besonders die organischen, so finden wir, daß nirgends ein Bestehendes, nirgends ein Ruhendes, ein Abgeschlossenes vorkommt, sondern daß vielmehr alles in einer steten Bewegung schwanke. Daher unsere Sprache das Wort Bildung sowohl von dem Hervorgebrachten, als von dem Hervorgebrachtwerdenden gehörig zu brauchen pflegt."

Die morphologische Geologie Goethes gründet sich auf das Phänomen des Granits. Kein anderes Gestein hat ihn mehr beschäftigt und öfter zu immer neuem Nachdenken angeregt. Im Anfang steht der bekannte schöne Aufsatz „Über den Granit" (I, 57) aus dem Jahre 1784. Inmitten von poetischen Reflexionen, die sich im wesentlichen auf die WERNERsche Lehrmeinung von der Rolle des Granits in der Erdgeschichte gründen, treffen wir hier die Kennzeichnung der Gestalt des Granits im morphologischen Sinne, eine Kennzeichnung, die in beachtlicher Sauberkeit aus der reinen Anschauung geschöpft ist und sich jeglicher genetischer Hypothesen enthält. Diese Gestalt, die gleichsam das Gesicht, der Ausdruck des Granitwesens ist, hat zwei Seiten: Es gibt da einen Blick in das Innere oder das Gefüge und die Ansicht der äußeren Form. Im Inneren stellt sich die Gestalt des Granits so dar: „Höchst mannigfaltig in der größten Einfalt, wechselt seine Mischung ins Unzählige ab. Die Lage und das Verhältnis seiner Teile, seine Dauer, seine Farbe ändert sich mit jedem Gebirge, und die Massen eines jeden Gebirges sind oft von Schritt zu Schritte wieder in sich unterschieden, und im ganzen doch wieder immer einander gleich (I, 58) ... Es unterscheidet sich diese merkwürdige Gesteinart dadurch von allen anderen, daß sie zwar nicht einfach ist, sondern aus sichtbaren Teilen besteht; jedoch zeigt der erste Anblick, daß diese Teile durch kein drittes Mittel verbunden sind, sondern nur an- und nebeneinander bestehn und sich selbst untereinander festhalten. Wir nennen diese voneinander wohl zu unterscheidenden Teile: Quarz, Feldspat, Glimmer, wozu noch manchmal einige als Schörl hinzukommen. Wenn wir diese Teile genau betrachten, so kommt uns vor, als ob sie nicht, wie man es sonst von Teilen denken muß, vor dem Ganzen gewesen seien, sie scheinen nicht zusammengesetzt oder aneinandergebracht, sondern zugleich mit ihrem Ganzen, das sie ausmachen, entstanden. Und obgleich nur der Glimmer öfters in seiner sechsseitigen, tafelartigen Kristallisation erscheint, und Quarz und Feldspat, weil es ihnen an Raum gebrach, die ihnen eigenen Gestalten nicht annehmen konnten, so sieht man doch offenbar, daß der Granit durch eine lebendige, bei ihrem Ursprung innerlich sehr zusammengedrängte Kristallisation entstanden ist" (I, 62). Dem Blick auf die äußere Gestaltung der granitischen Massen öffnet sich die folgende Ansicht: „Ich kehre von jeder schweifenden Betrachtung zurück und sehe die Felsen selbst an, deren Gegenwart meine Seele erhebt und sicher macht. Ich sehe ihre Masse von verworrenen Rissen durchschnitten, hier gerade, dort gelehnt, in die Höhe stehen, bald scharf übereinander gebaut, bald in unförmlichen Klumpen wie übereinander geworfen, und fast möchte ich bei dem ersten Anblicke ausrufen: hier ist nichts in seiner ersten alten Lage, hier ist alles Trümmer, Unordnung und Zerstörung" (I, 60). Goethe beschreibt sodann, wie er bei älteren Autoren bezüglich dieser Teilung der Felsmassen die verschiedensten Ansichten gefunden habe und fährt fort: „Wie vereinen wir alle diese Widersprüche und finden einen Leitfaden zu ferneren Beobachtungen? Dies ist es, was ich zu tun mir gegenwärtig vorsetze" (I, 61).

Zunächst ist es diese im äußeren Habitus der Felsbildungen erscheinende Gestalt granitischer Massen, die Goethe fesselt. Auf einer Reise in den Harz nimmt er den Maler KRAUS mit, der nach Goethes Anweisung besonders charakteristische Formen zeichnen muß. Auch von Goethe selbst sind schöne Zeichnungen von Felsgestalten erhalten. Im Harz vor allem, aber auch in anderen Granitgebieten glaubt er nun zu erkennen, daß die scheinbar regellose Klüftung, die die Form der Granitklippen bestimmt, einer geheimen Gesetzlichkeit entspricht. Er sucht nach diesen Gesetzmäßigkeiten, weil er die Überzeugung hat: „Alles Materielle kommt uns formlos vor, wenn wir unaufmerksam sind. Aber es hat eine unwiderstehliche Neigung, sich zu gestalten" (II, 112). Diese Gestaltung, bei granitischen Massen sich äußernd in weithin verlaufenden senkrechten Hauptklüften, die die Gestalt der Gebirge und das Streichen der Erzgänge bestimmen, in waagerechten Flözklüften und weiteren senkrechten Klüftungen, die die Herausbildung parallelipipedischer oder rhomboidaler Massen veranlassen, führt Goethe nicht wie andere auf die Wirkung äußerer Einflüsse zurück. Die Klüftung gehört ja zu der Gestalt des Granits im morphologischen Sinne und diese ruht auf der Überzeugung, „daß alles, was sei sich auch anzeigen und zeigen müsse". In der Klüftung zeigt sich also das eigentümliche Wesen des Gesteins an, es gibt hier nichts von außen gewaltsam Aufgeprägtes, sondern nur von innen her Entwickeltes. Der äußere Anblick der Granitklippen mag im Beschauer oft andere Vorstellungen erwecken: „Es ist niemandem zu verargen" heißt es bei der Beschreibung der Granitklippen der Luisenburg im Fichtelgebirge, „der, um sich diese Erstaunen, Schrecken und Graun erregenden chaotischen Zustände zu erklären, Fluten und Wolkenbrüche, Sturm und Erdbeben, Vulkane und was sonst nur die Natur gewaltsam aufregen mag, hier zu Hülfe ruft" (II, 145). Dies ist aber nur täuschender Augenschein. In Wirklichkeit ist es hier ein Inneres, das sichtbar und wirksam wird, es ist der Vorgang des Festwerdens einer vor dem flüssigen Masse, der eine Trennung nach geometrischen Formen vorbildet. Diese Trennung ist zunächst noch anzusehen „als ideell, als potentia, der Möglichkeit nach" (II, 340). Durch die langsam und stetig wirkenden Kräfte der Verwitterung wird sie herauspräpariert und sichtbar. In einer Aufzeichnung aus der Zeit um 1820 wird der Vorgang des Festwerdens großer Massen und die dabei auftretende Abteilung geometrischer Formen genauer besprochen. Es heißt dort: „Große anorganische Massen gestalten sich solidesziernd und zwar regelmäßig ... Den Augenblick der Solideszenz hat man als höchst bedeutend zu betrachten. Solideszenz ist der letzte Akt des Werdens, aus dem Flüssigen durchs Weiche zum Festen hingeführt, das Gewordne abgeschlossen darstellend. Im Solidesziernen, im Übergang aus dem Weichen in das Starre ergibt sich eine Scheidung" (II, 345). Im Ton, der beim Trocknen nach regelmäßigen Rissen aufreißt, in Schneemassen des Hochgebirges, die sich parallelipipedisch abteilen, findet Goethe Beispiele für die seiner Meinung nach allgemeine Tendenz festwerdender Massen, sich geometrisch zu formieren.

Die Konzeption des Granits als eines in diesem Sinne gestalteten Gebildes setzt amorphen, ungestalteten Vorzustand voraus, den Goethe flüssig nennt. Hier berühren sich die Goetheschen Vorstellungen mit dem WERNERschen Neptunismus, nach dem der Granit, wie alle Gesteine, aus wässeriger Lösung entstanden ist. Goethe erklärt sich mehrfach als Anhänger WERNERS, aber man muß hier doch beachten, wie unbestimmt er sich über die Natur dieser Flüssigkeit äußert, aus der der Granit entstanden ist. So heißt es in einer Aufzeichnung aus dem Jahre 1785: „Als unsere Erde sich zu einem Körper bildete, war ihre Masse in einem mehr oder weniger flüssigen Zustande. Diese Masse war nicht einfach, jedoch die Teile, woraus sie bestand, innigst gleich aufgelöst. Die Auflösung war durch ein innerliches Feuer geschehen ... Der Kern der Erde kristallisierte sich und ist wahrscheinlich die schwerste Masse. Die äußerste Kruste des Kernes ist der Granit ... Risse und Spaltungen durch Kristallisation, nicht durch Erkältung. Das innerliche Feuer scheint keine solche Feindschaft mit dem Wasser gehabt zu haben als das entbundne" (I, 96). Das Wesentliche, woran Goethe festhalten will, ist somit der Zustand des Gestaltlosen, Amorphen und völlig Gemischten. Diesem Ursprünglichen, Amorphen hat auch

das Wasser angehört. Durch den „Akt der Solideszenz" hat sich daraus das Feste zu den ihm eigenen Gestalten geformt, die nun das Aussehen der äußeren Erdrinde bestimmen.

Den Vorgang der Gestaltung der großen Granitmassen beschreibt Goethe manchmal unter dem Bilde der Kristallisation. Dies geschieht im Sinne einer Analogie, oder im Sinne eines Oberbegriffs der allgemeinen Tendenz zur Gestaltung, die aller Materie innewohnt. Am reinsten stellt sich diese Tendenz im Kristall dar, am undeutlichsten in der Klüftung der Felsmassen. In einer Aufzeichnung aus dem Jahre 1818 findet sich dies deutlich ausgesprochen (II, 112): Das Materielle strebt immer zur Form und unter den Formen der Materie kann man drei Arten unterscheiden: die allgemeinste, die allgemeine und die besondere Form. In der allgemeinsten Form verleugnet das Materielle seine eigentümliche Form, „es unterwirft sich der allgemeinsten Bestimmung. Dann entsteht die runde Form", die alles Tropfbare annimmt. Die allgemeine Form entsteht, „wenn das Materielle seine eigentümliche Form verleugnend, sich dem Gesetz unterwirft, welches allen unorganischen Massen vorgeschrieben ist". Zur allgemeinen Form gehören die durch Klüfte gegliederten Gesteinsmassen der Gebirge. Die besondere Form entsteht, „wenn das Materielle seinen speziellen Gesetzen folgt". Dann bilden sich die Kristalle der Minerale. In dieser echten Kristallisation äußert sich am reinsten das „Bestreben, daß die Masse sich in der Form veredeln will", wie es in einem Aufsatz über die Bildung der Edelsteine aus dem Jahre 1816 heißt (II, 80). Doch hört dieses Streben zur Form niemals ganz auf, wo immer sich Materie zeigt, es wird nur immer undeutlicher und verschwommener und ist am Ende nur noch schwer zu entdecken. Die „reine Veredlung in Freiheit", wie sie in den Kristallen hervortritt, kann aber nur in den seltenen Fällen geschehen, „wenn die Masse Räume läßt" (II, 80). Dann bilden sich Drusen und Klüfte mit schönen und eigentümlichen Formen.

Doch finden sich die Kristalle, wenn auch nicht frei entfaltet, sondern in einem gedrängten Zustand, schon im Granit. Hier treffen wir auf die innere Seite der Gestalt des Gesteins, die wir oben schon mit Goethes Worten kennen lernten. Diese innere Gestalt hat ihren Ursprung in der Sonderung der Substanzen, die wie die Teilung im Großen, die Klüftung im Augenblick der Solideszenz geschah. Dabei haben sich diejenigen Teile zusammenbegeben, die einander ähnlich und verwandt waren. In einer Aufzeichnung aus dem Jahre 1785 heißt es: „Er (nämlich der Granit) ist gleichfalls kristallisiert in seinem Innersten . . . Es haben sich die verschiedenen Teile der Masse zusammengezogen und sich zusammenbegeben, Quarz, Feldspat, Glimmer" (I, 94). Die Sonderung dieser Teile, die in der ursprünglichen Flüssigkeit „innigst" miteinander gemischt waren, und die sich nun, wenn auch verbunden, so doch rein und jedes für sich zeigen, geschah nach Maßgabe von „Verwandtschaft" und „Ähnlichkeit" durch Kräfte, die Goethe „chemisch" nennt.

Der Granit von innen betrachtet ist so die „Dreieinigkeit" von Feldspat, Glimmer und Quarz und „solange diese drei sichtbaren und fühlbaren Bestandteile einander das Gleichgewicht halten, so daß alle mit- und nebeneinander sich befinden, sich aneinanderschließen und ihre trinitarische Einheit behaupten, so behält das Gestein, wenn es sich auch noch so mannigfaltig in Farbe und Form seiner Teile darstellt, mit Recht den Namen des Granits und bildet hohe, weit ausgebreitete Grund- und Urgebirge" (II, 61). Mannigfaltig in Farbe und Form ist dieser Granit, doch immer noch, solange er echter Granit ist, eine trinitarische Einheit der drei Grundbestandteile. Nun aber sieht Goethe, wie die so beschriebene Gestalt nicht starr, abgeschlossen und fixiert ist. Auch sie ist ein „Bewegliches", das „in einer steten Bewegung schwankt", wie es von den organischen Gestalten heißt. Es finden sich nämlich Abänderungen des Granits, in denen die ursprüngliche Trinität gefährdet erscheint, indem einzelne Minerale hervortreten, das Übergewicht gewinnen und schließlich den Gesamtcharakter des Gesteins bestimmen.

Von diesen Übergängen des Granits sucht Goethe sich auf seinen Reisen immer neue Anschauung zu verschaffen. Seine Sammlungen, so z. B. die Sammlung Karlsbader Gesteine sind so angelegt, daß in der Reihenfolge der Stücke dieses „Auslaufen des Granits" in die verschiedensten anderen Formationen demonstriert wird. So entdeckt Goethe im Steinreich das Phänomen der morphologischen Metamorphose, wie er es bei der Betrachtung der Pflanzen- und Tierskelette so fruchtbar angewandt hat, die Tatsache nämlich, daß sich Formen bestimmter Naturbereiche verstehen lassen als Abwandlungen eines Bauplans oder Urtyps. Im Steinreich sieht Goethe einen wichtigen solchen Stammtypus im Granit: „dieses Aufgeben seines Charakters im Granite, diese Metamorphose, kann man als ein Aussichschreiten, ein Überschreiten ansehen. Seine Vielfältigkeit zu bezeichnen, denke man es unter dem Bilde einer Kugel, welche, sowie man aus ihrem Mittelpunkte tritt, Radien nach allen Enden zuläßt" (I, 380).

Wir wollen zwei Radien der morphologischen Metamorphose verfolgen, die nach Goethe vom Zentrum Granit ausstrahlen, um die Eigenart seiner Betrachtungsweise deutlich zu gewinnen. Die eine Metamorphose findet Goethe auf seinen Reisen nach Karlsbad und in das Gebiet der Zinnlagerstätten des sächsischen Erzgebirges, die andere bei der Betrachtung porphyrischer Gesteine und ähnlicher Bildungen.

Seine Eindrücke über die Granitmetamorphose (im morphologischen Sinne) im Bereich des Erzgebirges faßt Goethe auf folgende Weise zusammen: „Bei meinem öfteren Aufenthalt in Karlsbad mußte besonders auffallen, daß große Feldspatkristalle, die zwar selbst noch alle Teile des Granits enthielten, in der dortigen Gebirgsart überhäuft, den größten Bestandteil desselben ausmachten. Wir wollen nur des Bezirks Elbogen gedenken, wo man sagen kann, die Natur habe sich mit der kristallinischen Feldspatbildung übernommen und sich in diesem Anteile völlig ausgegeben. Sogleich erscheint aber auch, daß die beiden andern Teile sich von der Gemeinschaft lossagen. Der Glimmer besonders ballt sich in Kugeln, und man sieht, daß die Dreieinheit gefährdet sei. Nun fängt der Glimmer an, eine Hauptrolle zu spielen, er legt sich zu Blättern und nötigt die übrigen Anteile, sich gleichfalls zu dieser Lage zu bequemen. Die Scheidung geht jedoch immer weiter; wir finden auf dem Wege nach Schlaggenwalde Glimmer und Quarz in großen Steinmassen vollkommen getrennt, bis wir endlich zu Felsmassen gelangen, die ganz aus Quarz bestehen, Flecken jedoch von einem dergestalt durchquarzten Glimmer enthalten, daß er als Glimmer kaum mehr zu erkennen ist. Bei allen diesen Erscheinungen ist eine vollkommene Scheidung sichtbar. Jeder Teil maßt sich das Übergewicht an, wo und wie er kann, und wir sehen uns an der Schwelle der wichtigsten Ereignisse" (II, 152). Diese wichtigsten Ereignisse findet Goethe im Gebiet der Zinnsteinlagerstätten des Erzgebirges. Dort nämlich kommen Massen und Gänge von Zinnstein, also einer ganz neuen Erscheinung, inmitten eines solchen Gesteins vor, das nur noch aus Quarz und Glimmer besteht („Greisen"), eines Gesteins, „welchem um Granit zu sein nur der Feldspat fehlt, wo aber Glimmer und Quarz sich nach Granitweise dergestalt verbunden, daß sie, friedlich gepaart, im Gleichgewicht stehen" (II, 153). Aus solcher „Anarchie" (I, 380) der Teile des Granits entsteht die Zinnformation. Wie Goethe richtig sah, enthält die Zinnformation außer dem Zinnstein auch noch mannigfache andere Mineralien, die dem Granit selbst fremd sind, so z. B. metallische Erze, von denen Goethe Eisenglanz, Wolfram, Molybdänglanz, Scheelit, Kupferminerale und anderes erwähnt. So kann Goethe sagen, dort erscheint das Zinn „und eröffnet auf einmal den übrigen Metallen die Laufbahn" (II, 153). Sein Blick verfolgt so eine lange Reihe von Metamorphosen des Granits, die über die Zinnformation bis zum Auftreten der anderen Erze reicht.

Eine andere und längere Reihe von Metamorphosen eröffnet sich Goethe aus der Betrachtung der Gesteine, die er porphyrisch nennt. Die innere Gestalt des Granits ist dadurch gekennzeichnet, daß es in ihm kein „Enthaltenes" und kein „Enthaltendes" gibt. Die Bestandteile des Granits stehen in einem Gleichgewicht miteinander. Dagegen gibt es andere Gesteine, die ein „fremdartig Scheinendes", ein „Enthaltenes" in einer umgebenden, enthaltenden Masse aufweisen. Solche Gesteine sind Porphyre, porphyrähnliche Bildungen, Breccien und Ähnliches. Auch hier wieder findet Goethe

Übergänge, ein „Auslaufen" des Granits. Er findet prophyrische Granite und Porphyre, die dieselben Minerale enthalten wie der Granit, doch zeigen sich nun Herrschaftsverhältnisse unter den Bestandteilen. So liegt auch hier eine Metamorphose vor, die sich anschaulich machen läßt durch eine Steigerung der sammelnden Kristallisation bestimmter Mineralarten, die das Gleichgewicht des Granits zerstört und zu anderen Bildungen hinüberleitet. Aus dieser Steigerung der Scheidung entsteht der besondere Charakter dieser Gebirgsarten „und dieses ist, was wir porphyrartig nennen. Auch hier wie dort (nämlich bei der normalen Kristallisation des Granits) sondert sich das Reinste oder vielmehr das Homogenste, nicht sowohl vom Unreinen als vielmehr vom Fremdartigen, das Einfachere vom Zusammengesetzten, das Enthaltene vom Enthaltenden, und zwar so, daß man oft die Identität beider nachweisen kann. Unzählige Beispiele vom Granit bis zum letzten Gips und Kalkstein sind den Freunden dieses Wissens bekannt. Sehr oft ist das Enthaltene dem Enthaltenden nahe verwandt" (II, 346).

Neben echten Porphyren nennt Goethe porphyrisch in diesem Sinne kristalline Schiefer mit porphyroblastischen Einsprenglingen, Porphyrgips, sog. kristallisierten Sandstein, Schwerspatkonkretionen in Tonen, aber auch manche Gesteine, von denen wir heute wissen, daß sie echte Konglomerate oder Breccien sind, wie z. B. Teile der alpinen Nagelfluh, wenn er auch zugibt, daß es echte, d. h. nur auf mechanischem Wege entstandene Breccien gibt (Grauwacke, Zechsteinkonglomerat). Die chemische Entstehung solcher, auf den ersten Blick mechanisch zu deutender Breccien stellt sich Goethe durch ein besonderes Wirken der Verwitterung vor: Er glaubt, „daß nicht allein reißende und Teile fortführende Gewässer ein Gebirg zerstören können, sondern daß auch stille, mit chemischen Kräften versehene Flüssigkeiten sich in die Zerklüftungen der Gebirge einschleichen, das Gestein trennen, korrodieren, einer neuen Gebirgsart ein gleichsam Fremdes, Enthaltenes bereiten und zugleich das Enthaltende hervorbringen können, so, daß am Fuße gewisser Gebirge anderes Gebirg aus Teilen und Stücken der früheren, neu zusammengesetzt, gar wohl ohne gewaltsame Revolution gedacht werden kann" (I, 386).

Nicht alle der in porphyrischem Habitus erscheinenden Breccien sind nach Goethes Meinung „chemisch", d. h. durch sammelnde Kristallisation gebildet. In den Endgliedern dieser Reihe, die dem Flözgebirge, d. h. den geschichteten Gesteinen angehören, spielen mechanische Bildungen eine allmählich zunehmende Rolle. Und so findet Goethe hier eine besonders weitreichende Reihe morphologischer Metamorphosen, die auf dem Gegensatz zwischen der Kristallisationskraft, die rein im Granit sich ausspricht, und der Schwerkraft beruht, die die mechanischen Bildungen beherrscht: „Der Granit ist durch Kristallisation entstanden. An ihm ist keine Gravitation zu bemerken. So auch die nächsten Gebirge an ihm. Je weiter es von ihm weg kommt, je mehr nimmt die Schwere überhand, bis zuletzt bei den Flözen nur eine Spur von Kristallisation übrig bleibt" (I, 97).

Einer mechanischen Naturansicht, die alle Bildungen auf Druck und Stoß und Wirkung von außen zurückführen möchte, ist es geläufiger, in den Gesteinen die verschiedenartigen äußeren Wirkungen der Schwerkraft zu erkennen. Eine solche Betrachtungsart nennt Goethe „mechanisch" oder auch „atomistisch". Er setzt ihr seine eigene Anschauung entgegen, die er „dynamisch" nennt, nach der bei der Gesteinsbildung den inneren, „chemischen" Kräften der Kristallisation gegenüber den mechanischen Kräften der Vorrang zu geben ist. Den Ausdruck „dynamisch" versteht man richtig, wenn man an die Bedeutung von *δύναμις* = potentia denkt. *δύναμις* bedeutet in diesem (aristotelischen) Sinne eine innere Kraft, eine Möglichkeit eines Wesens, sich in einem bestimmten, eigenständigen Sinne zu entwickeln. Nicht äußere Gewalt, sondern die innere *δύναμις* der Materie ist für Goethe der wichtigste Ursprung der bunten Vielfalt der Gesteine und Minerale: „Die Hauptschwierigkeit der Geologie beruht auf der Ansicht; darauf nämlich, daß man das Atomistische und Mechanische, welches in gewissen Momenten freilich sich wirksam erweist, solange als möglich zurückdrängt, dem Dynamischen dagegen, einem gesetzmäßig-bedingten Entstehen, einem Entwickeln und Umgestalten sein Recht gibt. Wenn man, durch die atomistische Betrachtung, ein bereits gewordenes Hinundhertreiben, ablagern und erstarren läßt, so führt die dynamische dagegen in den Moment des Entstehens das lebendige Spiel der Elemente und ihrer Anziehungen ein. In ihr kann sehr vieles noch aus ruhiger Vollstreckung innerer Gesetze hergeleitet werden, was bei jener nur durch einen Aufwand vieler Fluten und äußerer Gewalten begreiflich zu machen ist" (I, 378).

Im Kern von Goethes Geologie gibt es — wie in aller Morphologie — zunächst keine Frage nach ursächlicher Verknüpfung. Morphologie sucht nicht Ursachen, sondern Urbilder. Das Urbild ist kein Ding, von dem greifbare, physikalische Wirkungen ausgehen, kein Wesen, von dem andere genetisch abstammen. Die Dimension der Zeit wird nicht betrachtet; denn das Urbild ist nur der Idee nach, nicht aber notwendig der Zeit nach früher als das konkrete Einzelne. So ist die Urpflanze Goethes, aus dem Blatt entwickelt, das Urbild aller pflanzlichen Formen. Diese konkreten Einzelgestalten sind die in Raum und Zeit auseinander gelegten Metamorphosen des immer einen Urbildes. Der Urpflanze in der botanischen Morphologie entspricht der aus den Erscheinungen des Granits gewonnene Typus dieses Gesteins in Goethes Geologie. Dieser Typus wird zum Wegweiser durch die Fülle der Formen. Alle Gesteinsarten, so fremd sie auch für einen Blick, der die augenfälligen Kennzeichen sammelt, dem Granit sein mögen, durch das Band der Metamorphosen und gemäß den Prinzipien der Steigerung und Polarität versucht Goethe sie dem Urtyp des Granits zu verbinden, damit sie sich zu einem großen Plan des Steinreiches ordnen.

Nun ist aber die Geologie eine historische Wissenschaft. Ihre Gegenstände haben eine Struktur, die von vornherein auf die Zeit weist: Die Gesteine liegen übereinander und alle Fragen, die man stellen kann, laufen sehr bald darauf hinaus, die vorgefundene räumliche Ordnung durch eine zeitliche zu explizieren. So sind natürlich auch für Goethe die Gesteine Dokumente einer Geschichte, die es zu entziffern gilt. Hier kann morphologische Erkenntnis zunächst nicht nützen. Sie sagt ja — wenigstens zunächst und solange sie reine Morphologie bleibt — nichts über zeitliche Verläufe aus. Sie behauptet ja nicht, daß die Reihen der Metamorphose, die sie entdeckt, in dieser oder jener Richtung und Reihenfolge wirklich in der Geschichte durchlaufen worden sind, nicht einmal, daß die dem Urtypus näheren Gestalten geschichtlich früher gewesen sind als die ferneren. Die Urpflanze Goethes ist keineswegs eine phylogenetische Stammform der Pflanzenarten. Die morphologische Betrachtungsart in der Geologie muß daher mit dem Anspruch dieser Wissenschaft, echte Historie zu werden, in ein Spannungsverhältnis treten, von dessen Lösung es abhängt, ob eine Morphologie im Bereich der geologischen Wissenschaften überhaupt möglich ist.

Goethes Geologie steht in hohem Maße in dieser Spannung. In ihr haben diejenigen Theorien Goethes ihren Ursprung, die wir heute als falsch bezeichnen dürfen, aus ihr stammt die tragische Situation, in der Goethes Verhältnis zur geologischen Wissenschaft schließlich endet. Daß der Granit, der morphologische Ausgangspunkt der Goetheschen Anschauung, auch historisch das Älteste sei, wurde von Werner gelehrt. Goethe brauchte diese Ansicht des damals führenden Geologen nur zu übernehmen, um sogleich der naheliegenden Versuchung zu verfallen, den morphologischen, im Idealen spielenden Stammbaum der Gesteine als einen historischen zu interpretieren. Dann mußten die hohen Granitgebirge ihre Bildung jener ersten allgemeinen Epoche verdanken, in der überall auf der Erde die granitischen Gesteine und nur diese entstanden. Ihr folgte die Epoche der Übergangsgesteine, jene Epoche der „Anarchie", in der das schöne Gleichgewicht des Granits in der Steigerung der Kristallisationstendenz einzelner Bestandteile verloren ging, bis schließlich in einer letzten Epoche der Flözgesteine die „chemischen" Kräfte der Kristallisation in zunehmendem Maße von der bloßen Schwerkraft abgelöst werden, die die nun zueinander „gleichgültigen" Gesteinselemente miteinander mischt und nebeneinander bettet (II, 102). Es scheint, daß Goethe der Überzeugung von der erdumspannenden

Gültigkeit dieses Schemas für den Ablauf der Erdgeschichte nicht allzu sicher gewesen ist. An einer Stelle heißt es, daß die anorganische Natur „alle diese Eigenschaften lebendig für ewige Zeiten" behielte, daß sie „diese ihre Reihen aneinander hinschiebt" und so die „inkalkulablen Erscheinungen" hervorbringt, „die den Anschein der Vorzeit, Mitzeit und Nachzeit mit sich tragen" (II, 103) — im ganzen ist aber der Gedanke, daß die Erdgeschichte einem aus morphologischer Betrachtungsart gewonnenen Plane gefolgt sei, für die historische Geologie Goethes ausschlaggebend gewesen. Was sich diesem Plane nicht fügt, wird deshalb ausgelassen oder so gedeutet, wie wir es heute als falsch erkennen. Vulkanische Erscheinungen von größerem Ausmaß haben in der Epoche der Flözgesteine keinen Platz und so müssen die Basalte aus dem Wasser der Meere entstanden sein, tektonische Vorgänge widersprechen der „dynamisch" verstandenen Gesteinswerdung, die aus ruhigen, nach dem Vorbild der Kristallisation von innen her wirkenden Kräften genährt, alle Übergänge der morphologischen Metamorphosen durchläuft.

Wie nun aber mit dem Beginn des neuen Jahrhunderts unter der Führung von L. v. Buch, A. v. Humboldt, E. de Beaumont u. a. die neue Geologie immer selbstbewußter an die Stelle der alten Wernerschen Lehren tritt, eine Geologie, die den vulkanischen Gewalten der Tiefe bis in die jüngsten Zeiten hinein den weitesten Einfluß gewährt, die die Gebirge emporsteigen, und ganze Länder unter den Meeresspiegel sinken läßt, wird Goethes Position immer verlassener. Gewiß ist sein Schema der Erdgeschichte aus einer unerlaubten Transposition eines morphologischen Stammbaums in einen zeitlichen entstanden und es mag das dunkle Gefühl dieser *μετάβασις εἰς ἄλλο γένος* der Grund gewesen sein für die nicht immer selbstsichere Haltung, die er den neuen Lehren gegenüber einnimmt. Sich der neuen Wissenschaft anzuschließen kann ihm aber keineswegs gelingen. Sie entfernt sich mit jedem Schritt, den sie voran tut, von aller Morphologie, sie fragt nach Ursachen und Prozeßabläufen und die Formen der Natur versteht sie als mehr oder minder zufällige Ergebnisse äußerlicher Konstellationen. So sieht Goethe sich ausgeschlossen vom Fortgang der wissenschaftlichen Entwicklung. Im tragischen Konflikt zwischen der Überzeugung, etwas Wahres gesehen zu haben und der Unfähigkeit, dieses Wahre dem Fortschritt der Erkenntnis einzuordnen, zieht er sich auf sich selbst zurück, in eine Haltung, die der wissenschaftlichen Sphäre fremd ist: „Man gewöhnt uns von Jugend auf, die Wissenschaften als Objekte anzusehen, die wir uns zueignen, nutzen, beherrschen können" sagt er in einer Aufzeichnung aus dem Jahre 1820. „Ohne diesen Glauben würde niemand etwas lernen wollen. Und doch behandelt jeder die Wissenschaften nach seinem Charakter ... Kommt man tiefer in die Sache, so sieht man, wie eigentlich das Subjektive auch in den Wissenschaften waltet, und man prosperiert nicht eher, als bis man anfängt, sich selbst und seinen Charakter kennenzulernen ... Zur Darstellung meines geologischen Ganges werde ich veranlaßt, daß ich erlebe, wie eine der meinigen ganz entgegengesetzte Denkweise hervortritt, der ich mich nicht fügen kann, keineswegs sie jedoch zu bestreiten gedenke. Alles, was wir aussprechen, sind Glaubensbekenntnisse" (II, 147).

So bleibt am Ende nur das entsagende Schweigen: „Warum denn aber gerade" fragt Wilhelm den Montan in den Wanderjahren (1. Buch, 3. Kap.) „dieses Allerseltsamste, diese einsamste aller Neigungen? — Eben deshalb, rief Montan, weil sie einsiedlerisch ist. Die Menschen wollt ich meiden ... Unterhaltender scheinen sie mir doch, versetzte Wilhelm, als deine starren Felsen. — Keineswegs, versetzte Montan: denn diese sind wenigstens nicht zu begreifen. — Du suchst eine Ausrede, versetzte Wilhelm, denn es ist nicht in deiner Art, dich mit Dingen abzugeben, die keine Hoffnung übriglassen, sie zu begreifen. Sei aufrichtig und sage mir, was du an diesen kalten und starren Liebhabereien gefunden hast? — Das ist schwer von jeder Liebhaberei zu sagen, besonders von dieser. Dann besann er sich einen Augenblick und sprach: Buchstaben mögen eine schöne Sache sein, und doch sind sie unzulänglich, die Töne auszudrücken; Töne können wir nicht entbehren, und doch sind sie bei weitem nicht hinreichend, den eigentlichen Sinn verlauten zu lassen; am Ende kleben wir am Buchstaben und am Ton, und sind nicht besser dran, als wenn wir sie ganz entbehrten; was wir mitteilen, was uns überliefert wird, ist immer nur das Gemeinste, der Mühe gar nicht wert"[1]).

[1]) Vgl. auch das Gespräch Montans mit Wilhelm im 9. Kapitel des 2. Buches der Wanderjahre.

Eingegangen am 3. Januar 1950.

Kurze Originalmitteilungen.

Über Nickel-tetra-phenylisonitril.

Den Metallcarbonylen strukturell entsprechende Metallisonitril-Verbindungen entstehen bei der Verdrängung des Kohlenoxyds der Metallcarbonyle durch zugesetztes Isonitril. So erhält man aus Nickel-tetracarbonyl und Phenylisonitril auf Grund der folgenden Reaktionsgleichung:

$$Ni(CO)_4 + 4\,C{\equiv}N{-}C_6H_5 \rightarrow Ni(C{\equiv}N{-}C_6H_5)_4 + 4\,CO$$

in nahezu quantitativer Ausbeute gasförmiges Kohlenoxyd und eine in Analogie zum Nickeltetracarbonyl als Nickeltetra-phenylisonitril bezeichnete Substanz der Zusammensetzung $C_{28}H_{20}N_4Ni$.

Die Reaktion beginnt nach Auftauen der in flüssiger Luft eingefrorenen stöchiometrischen Mischung der beiden reinen Ausgangssubstanzen bei etwa $-10°$ und dauert bei Zimmertemperatur, ohne daß eine merkliche Wärmetönung eintritt, unter lebhafter Kohlenoxydentwicklung ungefähr $^1/_2$ Std.

Nickel-tetra-phenylisonitril ist eine luftbeständige, kanariengelbe Substanz mit großer Kristallisationstendenz (Nadeln) die in Chloroform leicht, in Benzol und Aceton mäßig, in Äther und Äthylalkohol schwer und in Wasser vollkommen unlöslich ist. Die Reinigung erfolgte unter Vermeidung jeglicher Temperaturerhöhung durch Auflösen in Aceton bei Zimmertemperatur und Wiederabscheidung nach vorsichtigem Wasserzusatz bis zur Trübung.

Von den Eigenschaften des Nickel-tetra-phenylisonitrils ist am auffallendsten seine Labilität gegen Temperaturerhöhung, insbesondere in Lösung. Schon bei Zimmertemperatur riecht die Substanz, auch nach mehrfacher Umkristallisation, deutlich nach Isonitril. Oberhalb 100° geht die Zersetzung bereits vor Erreichung des Schmelzpunktes unter völliger Schwarzfärbung vor sich. Desgleichen tritt beim Kochen der benzolischen Lösung in verhältnismäßig kurzer Zeit Dunkelfärbung und später Abscheidung eines schwarzen Niederschlages ein, der sich in verdünnter Salzsäure unter Bildung von Nickel-II-chlorid auflöst, also offenbar überwiegend metallisches Nickel enthält. Doch lassen sich kleine Substanzmengen bei raschem Arbeiten aus heißem Benzol umkristallisieren.

Weitere Vorversuche ergaben, daß die Substanz gegen Alkoholatlösung bei Zimmertemperatur beständig ist. Dagegen tritt mit konzentrierter Schwefelsäure sofort Zersetzung unter Schwarzfärbung ein. Ebenso wird die Substanz bei der Einwirkung von Brom auf die Chloroformlösung unter Bildung von HBr, Nickel-II-Ionen und organischer Verharzungsprodukte zerstört.

Eine eingehende Beschreibung der Versuche erscheint demnächst in einer chemischen Fachzeitschrift.

München, Chemisches Universitätslaboratorium.

Friedrich Klages und Karl Mönkemeyer.

Eingegangen am 6. Februar 1950.

Über die Kristallstruktur der Disilicide von Lanthaniden.

Bei einer Untersuchung über Silicide vom Formeltyp $MeSi_2$ prüften wir auch die Metalle der Seltenen Erden auf ihr Vermögen zur Bildung von Disiliciden. In der älteren Literatur finden sich bereits einige Angaben über die Existenz der Verbindungen $CeSi_2$[1]) [2]) und $LaSi_2$[2]). Wir konnten diese Angaben bestätigen und darüber hinaus durch Anwendung der Reaktionen:

$$Me_2O_3 + 7\,Si = 2\,MeSi_2 + 3\,SiO$$
$$MeO_2 + 4\,Si = MeSi_2 + 2\,SiO$$

unter Verflüchtigung von SiO im Hochvakuum zu den sehr reinen Siliciden $LaSi_2$, $CeSi_2$, $PrSi_2$, $NdSi_2$ und $SmSi_2$ gelangen.

Die Kristallstruktur dieser Verbindungen gleicht der von $ThSi_2$[3]). Wir beobachteten die folgenden Gitterkonstanten:

$LaSi_2$	$a = 4{,}27$ kX,	$c = 13{,}74$ kX;
$CeSi_2$[4])	$a = 4{,}15$ kX,	$c = 13{,}81$ kX;
$PrSi_2$	$a = 4{,}14$ kX,	$c = 13{,}52$ kX;
$NdSi_2$	$a = 4{,}11$ kX,	$c = 13{,}45$ kX;
$SmSi_2$	$a = 4{,}05$ kX,	$c = 13{,}34$ kX.

Wir bestimmten auch die Dichte aller dieser Verbindungen pyknometrisch und erhielten dabei die nach der genannten Konstitution erwarteten Werte.

Die Untersuchungen werden fortgesetzt; eine ausführliche Darstellung soll zu einem etwas späteren Zeitpunkt erfolgen.

Freiburg i. Br., Chemisches Laboratorium der Universität, Anorganische Abteilung.

GEORG BRAUER und HEINZ HAAG.

Eingegangen am 3. April 1950.

[1]) STERBA, J.: C. r. Acad. Sci. Paris **135**, 172 (1902). — Ann. Chim. Phys. (8) **2**, 230 (1904). — SANDLAR, E.: Diss. München 1911. — Vgl. auch GMELIN-KRAUT: Handbuch anorganische Chemie, 7. Aufl., Bd. VI, Abt. 2, S. 271. Heidelberg 1932.

[2]) DODERO, M.: C. r. Acad. Sci. Paris **199**, 566 (1934).

[3]) BRAUER, G., u. A. MITIUS: Z. anorg. allg. Chem. **249**, 325 (1942).

[4]) Erst nach Durchführung unserer Untersuchungen wurde uns eine Veröffentlichung bekannt, in der H. W. ZACHARIASEN für die Verbindung $CeSi_2$ die gleiche Kristallstruktur beschreibt: Acta Cryst. **2**, 94 (1949).

Zur Frage der Bindung des Calciums an Serumproteine.

Die Art der Bindung des Calciums an Serumproteine ist trotz intensiver Bemühungen zahlreicher Forscher noch immer nicht endgültig aufgeklärt[1]). Bekanntlich wird im Serum ionisiertes Calcium von nichtionisiertem, das oft als komplex gebunden bezeichnet wird, unterschieden. Die Bestimmung jenes Anteils nach den verschiedensten Verfahren ist bisher unbefriedigend. Bei der großen Bedeutung des Calciums als Regulator gewisser Stoffwechselvorgänge sind weitere Untersuchungen unter Anwendung neuartiger Verfahren dringend erforderlich[2]).

In den Harzaustauschern, etwa vom Typ der Wofatite, liegen Stoffe vor, die eine Unterscheidung zwischen gewöhnlichen und komplexen Ionen eines Elementes zu treffen erlauben[3]), und es ist deshalb naheliegend, das Problem der Bindung des Calciums an Serumproteine mit Hilfe dieser Stoffe anzugreifen.

Bei der Einwirkung eines mit Natrium abgesättigten Kationenaustauschers, z. B. Wofatit F, auf eine Calciumsalzlösung werden bekanntlich die Natrium-Ionen des Austauschers gegen die Calcium-Ionen der Lösung äquivalent ausgetauscht, und bei der Nachbehandlung des nun mit Calcium-Ionen beladenen Austauschers mit Salzsäure werden die Calcium-Ionen gegen Wasserstoff-Ionen ausgetauscht, sie gelangen in Lösung und können darin quantitativ bestimmt werden. Wird als Calciumsalzlösung natürliches Serum (des Menschen) benutzt, so vollzieht sich der eben beschriebene Vorgang vollkommen analog. Es könnte erwartet werden, daß nur *der* Anteil des Calciums, der ionisiert vorliegt, vom Natrium-Wofatit gebunden wird und bestimmbar ist, während der „komplexe" Anteil nicht erfaßt wird.

Diesbezügliche Versuche haben aber ergeben, daß von steigenden Natrium-Wofatitmengen steigende Mengen Calcium gebunden werden, und daß bei aufeinanderfolgender Behandlung derselben Serumprobe mit jeweils erneuertem Natrium-Wofatit *alles* Calcium an den Wofatit gebunden werden kann.

Versuchsanordnung: 5 ml Serum verschiedener Versuchspersonen werden 10 min lang mit einer abgewogenen Menge von trockenem Natrium-Wofatit F gerührt (a). Das Serum wird abgegossen und mit einer neuen Menge Wofatit gerührt (b). Der Wofatit wird jedesmal für sich gewaschen, das Calcium mit Salzsäure eluiert und wie üblich bestimmt.

Die bisherigen Versuche führen zu dem Schluß, daß die „komplexe" Bindung des Calciums an Serumproteine, wenn sie überhaupt angenommen werden darf, zumindest sehr schwach ist, und daß dieser Calciumanteil bei Verschiebung des Gleichgewichtes durch Bindung des ursprünglich vorhandenen ionisierten Calciums an den Wofatit leicht dissoziiert. Die Versuche lassen sich wohl eher als einen wechselseitigen Austausch des Calciums zwischen dem Wofatit und dem kolloiden Protein, dem Austauschereigenschaften ohne weiteres zuzuschreiben sind, auffassen. Durch Anwendung verschiedener Wofatite mit verschieden starkem Bindungsvermögen wird diese Auffassung mit Hilfe von im Gange befindlichen Versuchen gestützt werden können und dadurch dürften Aussagen über die Bindungsart des Calciums an Serumproteine möglich werden.

München. ROBERT KLEMENT.

Eingegangen am 8. Februar 1950.

[1]) GREENBERG, D. M.: Advances in protein chemistry, S. 121. New York 1944.

[2]) GREENBERG, D. M.: Advances in protein chemistry, S. 149. New York 1944.

[3]) GUSTAVSON, K. H.: Svensk. kem. Tidskr. **56**, 14 (1944). — SAMUELSON, O.: Svensk. kem. Tidskr. **56**, 277 (1944). — IVA **17**, 9, 17 (1946).

γ- und δ-Heptachlorcyclohexan.
Geruchskomponenten des technischen Hexachlorcyclohexans.

Das Hexachlorcyclohexan (I) der technischen Synthese besitzt einen unangenehmen, anhaftenden, muffigen Geruch und Geschmack, so daß die Anwendung dieses hervorragenden Insecticids in der rohen Form stark eingeschränkt ist. Für den Geruch und Geschmack des technischen (I) sind eine ganze Reihe Substanzen verantwortlich gemacht worden, darunter auch die höher chlorierten Cyclohexane mit 7 bis 9 Chloratomen[1]).

Wir stellten fest, daß der Gehalt an Heptachlorcyclohexanisomeren in (I) unter Umständen recht erheblich sein kann und versuchten daher diese in reiner Form aus (I) zu gewinnen. Es gelang uns, zwei bisher nicht beschriebene Heptachlorcyclohexanisomere zu isolieren, die wir, im Anschluß an die bereits bekannten α- und β-Heptachlorcyclohexanisomere, als γ-Heptachlorcyclohexan (II) F. 85° C (Korr.) und δ-Heptachlorcyclohexan (III) F. 156/157° C (Korr.) bezeichnet haben.

Trennt man vom technischen (I) die Hauptmenge des α-(I), β-(I), γ-(I) und δ-(I) ab, so erhält man schließlich eine zähe Paste, die man fraktioniert destillieren kann. Nach einem Vorlauf und einer Fraktion, die bei 157° C/15 mm übergeht, hauptsächlich α-(I), gewinnt man als Hauptmenge bei 161° C/15 mm ein farbloses Öl, das nach Anreiben mit Alkohol kristallisiert. Nach 2maligem Umlösen aus Isopropylalkohol erhält man aus dem Rohkristallisat eine Substanz, die scharf bei 85° C (Korr.) schmilzt (rautenförmige Kristalle).

Mit dieser Substanz haben wir die folgenden Reaktionen durchgeführt:

1. Thermolyse Bei etwa 250° C in Gegenwart von katalytischen Mengen von wasserfreiem Aluminiumchlorid werden unter Umwandlung in ein Tetrachlorbenzolisomerengemisch, das vorwiegend aus 1, 2, 4, 5-Tetrachlorbenzol besteht, 3 Mol Chlorwasserstoff abgespalten.

2. Reaktion mit alkalischem Alkali Beim Behandeln mit alkalischem KOH spaltet die Substanz ebenfalls 3 Mol Chlorwasserstoff ab und wandelt sich in Tetrachlorbenzolisomere um, in diesem Fall hauptsächlich in die vicinale und asymmetrische Verbindung.

Damit ist die hier beschriebene Substanz als ein Heptachlorcyclohexanisomeres identifiziert, was durch die folgenden Analysenwerte bestätigt wird.

Analysenwerte

Mit alkalischem KOH abspaltbare HCl: Ber. 33,63
Gef. 34,38

$C_6H_5Cl_7$ (325,29) Ber. C 22,15 H 1,54 Cl 76,30
Gef. C 22,61 H 1,55 Cl 75,67

Tabelle 1. *Befunde.*

	a)	b)	c)	Summe*)
1.	50 mg Na-Wof. F: 4,48 mg-% Ca	100 mg Na-Wof. F: 4,48 mg-% Ca	—	8,96 mg-% Ca
2.	100 mg Na-Wof. F: 6,27 mg-% Ca	200 mg Na-Wof. F: 4,67 mg-% Ca	—	10,98 mg-% Ca
3.	100 mg Na-Wof. F: 6,32 mg-% Ca	100 mg Na-Wof. F: 4,80 mg-% Ca	100 mg Na-Wof. F: 0,75 mg-% Ca	11,87 mg-% Ca
4.	200 mg Na-Wof. F: 7,72 mg-% Ca	400 mg Na-Wof. F: 3,13 mg-% Ca	—	12,90 mg-% Ca

*) Durchschnittlicher Calciumgehalt des Serums: 9 bis 12 mg-%.

(II) besitzt einen ausgeprägten, charakteristischen Geruch, der bezeichnend ist für den Geruch des technischen (I). In seiner Löslichkeit in den gebräuchlichen Lösungsmitteln steht (II) zwischen γ-(I) und δ-(I)[2]). Wir konnten nachweisen, daß (II) vorwiegend durch Chlorsubstitution aus (I) entsteht. Auch die Entstehung von (II) aus α-(I) stellten wir fest.

Beim Versuch aus δ-(I)-Konzentraten das reine Isomere abzuscheiden, erhielten wir neben δ-(I) vom F. 137° C (Lit. 138/9° C) eine Substanz, die scharf bei 129/130° C schmilzt, und deren Schmelzpunkt sich auch durch wiederholtes Umlösen nicht änderte.

Diese scheinbar einheitliche Substanz erwies sich als Mischkristall, der sich in drei Komponenten aufspalten ließ. Die Hauptmenge, etwa 65%, war reines δ-(I), während etwa 1% aus einer Substanz (F. 242 bis 248° C) bestand, die wir noch nicht identifizieren konnten. Als dritte Verbindung isolierten wir mit etwa 30% ein Heptachlorcyclohexanisomeres vom F. 156/157° C (Korr.), das wir als δ-Heptachlorcyclohexan (III) bezeichnet haben. Wir identifizierten (III) in derselben Weise, wie γ-Heptachlorcyclohexan.

Analysenwerte

Mit alkalischem KOH abspaltbare HCl: Ber. 33,63
Gef. 33,74

$C_6H_5Cl_7$ (325,29) Ber. C 22,15 H 1,54 Cl 76,30
Gef. C 22,41 H 1,53 Cl 75,71

Die Analyse des Umwandlungsproduktes (Tetrachlorbenzol), das aus (III) mit alkalischer Natronlauge entsteht, ergibt die folgenden Werte:

$C_6H_2Cl_4$ (215,85) Ber. C 33,21 H 0,93 Cl 65,40
Gef. C 33,15 H 1,13 Cl 64,83

Ob das hier beschriebene Heptachlorcyclohexanisomere vom F. 156—/157° C (Korr.) mit dem α-Heptachlorcyclohexan F. 146° C[1]) identisch ist, konnten wir noch nicht nachprüfen, doch halten wir es für unwahrscheinlich.

Sowohl (II) als auch (III) bilden Mischkristalle mit den Isomeren von (I), und zwar (II) vor allem mit γ-(I) und (III) mit δ-(I). Aus diesem Grund lassen sich (II) und (III) weder durch fraktionierte Extraktion noch durch fraktionierte Kristallisation aus dem Isomerengemisch der Polychlorcyclohexane isolieren, dagegen führen spezielle Methoden, die wir für diesen Zweck entwickelt haben, zum Ziel.

Aus den wissenschaftlichen Laboratorien der Firma C. H. Boehringer Sohn, Ingelheim a. Rh.

Georg Scheuing † und Curt Vogelbach.

Eingegangen am 6. Januar 1950.

[1]) α-Heptachlorcyclohexan, F. 146° C, muffig riechende Kristalle. Matthews Soc. 61, 104.

[2]) Slade, R.: Nachdruck der Hurter Gedächtnisvorlesung vom 8. 3. 1945.

Eine neue Funktion des Lactoflavins. Steuerung des biologischen Dualismus der Porphyrine und Katalyse der Hämsynthese.

Vom Lactoflavin war bisher hinsichtlich seiner biologischen und physiologischen Funktionen bekannt, daß es die wichtige prosthetische Gruppe der von Warburg[1]) gefundenen und aufgeklärten gelben Atmungsfermente darstellte, welche in funktioneller Beziehung zum Cytochromsystem stehen und daher im Rahmen der Zellatmung und biologischen Oxydationen in jeder Zelle eine unentbehrliche Rolle spielen. Seine Eigenschaften als bedeutsamer Wachstumsfaktor und Wachstumsvitamin stehen damit in engstem Zusammenhang. Nach den kombinierten Theorien von Wieland[2]) und Warburg[3]) wird der Wasserstoff des Substrats über Codehydrasen und Dehydrasen (gelbe Atmungsfermente) auf dem Weg von Elektronenverschiebungen in das Cytochromsystem eingeführt, während der Sauerstoff der Luft oder bei höheren Organismen des Oxyhämoglobins durch das sauerstoffübertragende Ferment der Atmung (Cytochromoxydase) an dieses herangeführt wird. Die Cytochrome stellen zusammen mit der Katalase und Peroxydase das Häminsystem der Atmung dar, denn ihre prosthetische Gruppe ist das Hämin III, bzw. das Protoporphyrin 9, III.

Angeregt durch die engen funktionellen Beziehungen zwischen gelben und roten Atmungsfermenten sowie durch biologische und klinische Beobachtungen, haben wir weitere Untersuchungen an Hefen durchgeführt und dabei besonders den Einfluß von B_2-Vitaminen auf die Biosynthese von Porphyrinen und Hämin ins Auge gefaßt. Verwendet wurden Reinkulturen von Saccharomyces anamensis, welche jeweils in 3 bis 4 Generationen über $^1/_2$ Jahr fortgezüchtet wurden. Zur Bestimmung der Porphyrine und Hämine wurden die von H. Fischer und Mitarbeitern[4]) angegebenen physikalischen und chemischen Methoden angewandt, insbesondere die gleichzeitige spektrophotometrische Bestimmung von Koproporphyrin und Hämin nach Treibs[5]). Bisher konnten in eigenen Untersuchungen folgende Feststellungen gemacht werden:

1. Normalerweise findet sich in der Hefe neben dem überwiegenden Hämin III (in Form biologischer Häminproteide) in geringer Menge auch Protoporphyrin 9, III und Koproporphyrin I. Unter bestimmten ungünstigen Züchtungsbedingungen tritt die Synthese des Koproporphyrin I in den Vordergrund und die Hefe enthält nach 4 Generationen das 40- bis 50fache an Koproporphyrin I gegenüber der Norm. In Analogie zur menschlichen Porphyrie wird dieser Zustand als Koproporphyrie der Hefe bezeichnet. Die Ergebnisse von H. Fischer und Mitarbeitern[6]) konnten dabei bestätigt werden. Wie für den Menschen, so gilt auch für die Hefe der biologische Dualismus der Porphyrine I und III, d. h. die Hefe kann Porphyrine beider Isomerenreihen selbständig synthetisieren. Dabei steht unter physiologischen Verhältnissen die Synthese des Protoporphyrin 9, III als Vorstufe des Häm weitaus im Vordergrund, während Koproporphyrin I in minimalen Mengen vorhanden ist und nur unter pathologischen Bedingungen vermehrt auftritt.

2. Es konnte festgestellt werden, daß die Koproporphyrie der Hefe durch einen Vitaminmangelzustand im Bereich des Lactoflavins bedingt ist. Testuntersuchungen mit den verschiedenen Vitaminen und Wuchsstoffen ergaben einen auffallenden Einfluß des Lactoflavins auf die Porphyrin- und Hämsynthese. So konnte noch bei einer Lactoflavinverdünnung von 1:500000 eine fast vollständige Hemmung der Koproporphyrin I-Synthese beobachtet werden, während die Hämsynthese (über Protoporphyrin 9, III anzunehmen) vermehrt war. Dabei spielte Eisenmangel keine Rolle, denn Eisenzusatz führte eher zu einer Vermehrung der Porphyrin I-Synthese. Erst beim kombinierten Zusatz von Eisen und Lactoflavin zeigte sich eine sehr starke Steigerung der Hämsynthese, während Koproporphyrin I fast restlos zurückgedrängt war. Nikotinsäureamid hemmte die Porphyrin I-Synthese nur schwach und Pantothensäure führte sogar zu einer beträchtlichen Steigerung der Bildung von Koproporphyrin I.

3. Das Lactoflavin steuert demnach den biologischen Dualismus der Porphyrine I und III so, daß unter seinem Einfluß die Biosynthese von Koproporphyrin I unterdrückt wird, während diejenige von Protoporphyrin 9, III bzw. Häm III begünstigt wird. Die Wirkungen des Lactoflavins auf die begünstigende Veränderung der Reaktionskinetik und Eisenverwertung Richtung Häm III-Synthese müssen als katalytische aufgefaßt werden. Durch das Lactoflavin würde also in sinnvoller Weise die Synthese des Häm III als Vorstufe wichtiger Häminproteide der Zelle (Cytochrome a, b, c Peroxydase, Oxydase und Katalase) gewährleistet, während die Bildung des wohl schädlichen Koproporphyrin I (Photosensibilität) zurückgedrängt wird. Ein Hämin I oder Koprohämin I ist in der Natur nicht zu beobachten. Alle diesbezüglichen Verbindungen sind Eisen-Eiweißkomplexe mit Porphyrin III (meist Protoporphyrin 9, III). Es ist möglich, daß es sich bei der Synthese von Porphyrin I und III um einen gleichsinnigen Vorgang handelt, wobei Porphyrin I unter physiologischen Verhältnissen durch die Hemmwirkung des Lactoflavins als Nebenprodukt, Porphyrin III bzw. Häm III durch die positive Katalyse des Lactoflavins als Hauptprodukt entsteht.

4. Es konnten bereits Anhaltspunkte gefunden werden, daß die an Hefen gefundene neue Funktion des Lactoflavins auch für den Menschen Gültigkeit besitzt. Neben der katalytischen Steuerung der Porphyrin- und Hämsynthese in den einzelnen Zellen kommt hier insbesondere die Regulation der Hämoglobinsynthese in den Erythroblasten des Knochenmarks in Betracht. Beim Menschen wird Koproporphyrin I immer dann vermehrt gefunden, wenn einerseits gewisse Avitaminosen (besonders Ariboflavinose) und Mangelkrankheiten, andererseits pathologische Zellstoffwechselstörungen, Entwicklung und Wachstum (besonders Embryonalzeit) oder vermehrte Erythropoese vorhanden sind. Den erwähnten

Krankheiten und krankhaften Störungen dürfte im ersten Fall ein wirklicher Mangel an Lactoflavin, für den zweiten Fall eine übermäßige Belastung der Zellfermente, speziell der gelben Atmungsfermente im Sinne eines relativen Mangels zugrunde liegen. Das vermehrte Auftreten von Koproporphyrin würde auf eine Störung im Lactoflavinhaushalt hinweisen. Ganz gleich wie der Mechanismus der Lactoflavinwirkung in unseren Versuchen sein mag, kann gesagt werden, daß das Lactoflavin entweder selbst oder in Form der Lactoflavinphosphorsäure bzw. der gelben Fermente Bedingungen schafft, welche bei der Hefe und auch beim Menschen die Porphyrin- und Hämsynthese normalerweise kennzeichnen.

Anmerkung: Sämtliche Hefekulturen konnten am Gärungsphysiologischen Institut Weihenstephan der TH München durchgeführt werden, wofür wir Herrn Prof. Dr. WEINFURTNER zu Dank verpflichtet sind.

München, I. Medizinische Klinik der Universität, Ziemssenstraße 1a.

W. STICH.

Eingegangen am 14. Januar 1950.

[1]) WARBURG u. CHRISTIAN: Naturwiss. **20**, 688 (1932). — Biochem. Z. **254**, 438 (1932).

[2]) WIELAND: Über den Verlauf der biologischen Oxydationen. Stuttgart 1933. (Dort Literatur.)

[3]) WARBURG: Schwermetalle als Wirkungsgruppen von Fermenten. Berlin: Saenger 1946. — Die wasserstoffübertragenden Fermente. Berlin: Saenger 1948.

[4]) FISCHER, H., u. H. ORTH: Die Chemie des Pyrrols. Leipzig: Akademische Verlags-Gesellschaft 1937—1941.

[5]) TREIBS: Hoppe-Seylers Z. **168**, 68 (1927).

[6]) FISCHER, H., u. H. FINK: Hoppe-Seylers Z. **140**, 57 (1924); **144**, 101 (1925); **150**, 243 (1925). — FINK, H.: Biochem. Z. **211**, 65 (1929) (dort zus. Literatur).

Besprechungen.

Harting, H.: Photographische Optik. 3. Aufl. 1948, 164 S., 76 Abb. u. 1 Übersichtsplan. Pößneck (Thür.): A. Lang. DMark 15.60.

HANS HARTING, ursprünglich Astronom, war bereits im vorigen Jahrhundert Mitarbeiter von E. ABBE und ist heute im Alter von 82 Jahren als wissenschaftlicher Leiter der Zeißwerke der Erbe seines Geistes und seiner Arbeit. Eine der wesentlichen Leistungen von H. HARTING war die Errechnung des Heliars (1902). Obwohl dieses Objektiv nicht so bekannt ist wie das gleichzeitig entstandene Tessar, wird es gerade von Kennern wegen seiner duftigen und doch scharfen Zeichnung außerordentlich geschätzt.

Ähnliches ist über das Buch „Photographische Optik" zu sagen: die Titel der ersten 13 Kapitel scheinen zunächst nichts zu enthalten als eine auf das photographische Objektiv hin ausgerichtete geometrische Optik; doch bereits das Kapitel über die Lochkamera, das der Blende den Vorrang vor den Linsen gibt und das bis zur Telelochkamera fortgeführt wird, zeigt eine durchaus eigene Auffassung des Gegenstandes, die weit über das sonst Übliche hinausgeht. Selbst der belesene Fachmann wird an vielen Stellen seine helle Freude an der Art der Darstellung haben und wer glaubt, diese Kapitel überschlagen zu können, findet im Kapitel „Die hauptsächlichsten photographischen Objektive", daß er das eingehende Studium der vorangegangenen Kapitel nicht versäumen darf. Das erwähnte Kapitel ist eine Meisterleistung an sich: wohl nur hier wird gezeigt, wie fast alle Objektive Kinder und Enkel weniger Vorfahren sind, alle Einzellinien der Entwicklung werden aufgezeigt von den ersten Objektiven an über die einschneidende Wende, hervorgerufen durch die neuen Gläser der Schottwerke herauf bis ungefähr zum Jahre 1930; von da an scheinen die allgemeinen Entwicklungslinien noch nicht klar zu sein.

Die weiteren Kapitel behandeln in verhältnismäßig losem Zusammenhang unter anderem Sonderobjektive, Vergrößerung und Projektion; besonders wichtig für die photographische Praxis ist das Kapitel über die einfache Bestimmung der Grundwerte und des Korrektionszustandes, das auch eine Reihe hierher gehörender Tabellen enthält. Während das Buch an sich trotz wissenschaftlicher Gründlichkeit mit erstaunlich wenig Formeln auskommt, enthält das abschließende Kapitel alle Formeln, die für die Durchrechnung eines photographischen Objektives benötigt werden. Das Sachverzeichnis ist sehr gut, der Übersichtsplan über die Sorten des Jenaer Glaswerks ist der ausführlichste außerhalb des Firmenkataloges selbst.

Die Art der Darstellung im allgemeinen macht das Buch für jeden wertvoll, der mit photographischen Objektiven umzugehen hat, die große Anzahl persönlicher Erfahrungen und Erkenntnisse, die in ihm niedergelegt sind, machen es für den Fachmann unentbehrlich. Um das Buch auf den Stand der neuesten Entwicklung zu bringen, wäre für eine Neuauflage neben der Ausmerzung einiger Druckfehler (die Abb. 65 z. B. stellt sicher nicht das neue Biotar dar) besonders zu wünschen, daß es die allgemeinen Entwicklungslinien auch der neuesten Zeit deutlich sichtbar macht und daß es die immer wichtiger werdenden Spiegelobjektive eingehender berücksichtigt. Aber das ist vielleicht schon zuviel verlangt, denn es ist ja ein Kennzeichen jeder klassischen Leistung: sie durchdringt mit ihrem Geist die Gegenwart, ohne sich an deren Gegenstände zu verlieren. OTMAR STENGER.

Eingegangen am 8. Oktober 1949.

Gombás, P.: Die statistische Theorie des Atoms und ihre Anwendungen. Wien: Springer 1949, 406 S. u. 59 Fig. DMark 65.—.

Die einzige Möglichkeit, theoretische Aussagen über die Ladungsverteilung in höheren Atomen oder über andere damit zusammenhängende Fragen zu machen, ist bekanntlich die der statistischen Behandlung des dabei auftretenden quantenmechanischen Vielelektronenproblems. Wer aber jemals gezwungen war, sich in diesen ganzen Fragenkomplex an Hand der Originalliteratur einzuarbeiten, weiß, daß dies nicht ganz leicht ist. Grund dafür ist nicht so sehr die große Zahl der Arbeiten auf diesem Gebiet oder etwa eine prinzipielle Schwierigkeit im Verstehen des einfachen THOMAS-FERMI-Modells oder der HARTREEschen Methode des "self-consistent field", als vielmehr die große Zahl möglicher Varianten bei der Verfeinerung dieser Verfahren durch Hinzunahme von Korrekturgliedern. Und gerade diese vielen Varianten in ihrem gegenseitigen Verhältnis und in ihrer Tragfähigkeit richtig zu übersehen und zu verstehen, war bisher erst nach eingehendem Studium der Materie möglich.

Bei dieser Sachlage muß man dem Verf., der sich bereits durch zahlreiche Arbeiten als einer der besten Kenner dieses Gebietes erwiesen hat, dankbar sein, daß er es in dem vorliegenden Werk unternommen hat, den ganzen Fragenkomplex im Zusammenhang und von einem einheitlichen Gesichtspunkt aus darzustellen, die verschiedenen Methoden gegeneinander abzuwägen und ihre mehr oder minder große Brauchbarkeit durch entsprechende Zahlenbeispiele darzulegen. Gerade durch die vielen Tabellen und Diagramme, sowie durch das anscheinend vollständige Literaturverzeichnis wird dieses Buch über den Rang einer guten Einführung in die statistische Theorie des Atoms hinaus zu einem sehr wertvollen Hilfsmittel und Nachschlagewerk auch für den Spezialisten.

Inhaltlich gliedert es sich in zwei Teile. Im ersten Teil werden die Grundlagen der statistischen Theorie entwickelt, ausgehend von dem einfachsten Fall des freien Elektronengases ohne und mit Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen den Elektronen, über das THOMAS-FERMI-Modell und seine Erweiterungen und die verschiedenen Korrekturen, sowie über das HARTREE-Modell bis zur Behandlung auch nichtstatischer Probleme. Der zweite, größere Teil des Buches beschäftigt sich dann mit der systematischen Anwendung dieser Methoden auf praktische Probleme, im besonderen auf Atome (einschließlich der Berechnung von Atomspektren, Suszeptibilitäten und Polarisierbarkeiten, sowie des Streu- und Bremsvermögens von Atomen), ferner auf Molekeln und Kristalle, bzw. Metalle, und schließlich auf den für die Astrophysik wichtigen Fall der Materie unter hohem Druck. F. SAUTER.

Eingegangen am 28. November 1949.

Wissenschaftliche Arbeiten des Deutschen Meteorologischen Dienstes im Französischen Besatzungsgebiet, herausgeg. von W. PEPPLER. Berlin-Tübingen-Saulgau: Karl F. Haug 1947. Bd. 1, 186 S. DMark 40.—.

Eine Sammlung von 18 Abhandlungen. Auf instrumentellem Gebiet sind zu nennen 2 Arbeiten von E. SCHOPPER aus REGENERS Forschungsinstitut für Physik der Stratosphäre, Weißenau: „Ein direkt anzeigendes Feuchtigkeitsmeßgerät nach der Taupunktsmethode" liefert, als automatisches Bordgerät in Meßflugzeugen, eine direkte Anzeige

der relativen Feuchte. Der Taupunkt wird gemessen als die Temperatur einer blanken Metallfläche in dem Augenblick, in dem sich ein Beschlag bildet oder auflöst. In Verbindung mit einer Lufttemperaturbestimmung ergibt sich daraus die relative Feuchte. Das Gerät wurde im Windkanal und im Flugzeug bis zu Temperaturen von $-25°$ C erprobt; Laboratoriumsversuche lassen erwarten, daß die Methode bis $-70°$ C brauchbar ist. Bei tiefen Temperaturen ist nur wenig Wasserdampf in der Luft: Unter den Verhältnissen in 10 km Höhe (z. B. Druck 250 mbar, Temperatur $-50°$ C), sind in 1 kg gesättigt-feuchter Luft nur 0,08 g Wasser enthalten. Hier versagen die üblichen Feuchtemeßverfahren der Meteorologie oder sind zu träge. Das Taupunktverfahren verspricht hier wesentliche Fortschritte; G. M. B. Dobson hat in England in ähnlicher Richtung Erfolge erzielt. — Die andere Arbeit behandelt Fragen der Lufttemperaturmessung, im Zusammenhang mit Regeners Drahtthermographen; geringe Trägheit der Anzeige und Schutz gegen Überwärmung durch Sonnenstrahlung werden angestrebt. W. Kaempfert diskutiert „Thermometerqualitäten in Theorie und Praxis".

Themen der Physik der Atmosphäre behandeln E. Wall („Entstehung der Schneekristalle"; „Problem der Kondensationskerne", eine Warnung vor schematischer Anwendung des Kernzählers, mit ausführlichen Angaben über den Inhalt der Aitkenschen Originalarbeiten), H. Israel und K. Wurm („Spektrum der Blitze", ausführliche Diskussion eigener Aufnahmen, mit einer Gesamttabelle aller bisher beobachteten Wellenlängen), H. Israel („Elektrische Entladungsformen beim Gewitter", „Extraterrestrische Einflüsse auf das luftelektrische Feld", wobei vor allem alte und neue Beobachtungen über einen Einfluß des Polarlichtes auf das Potentialgefälle am Boden erwähnt werden), O. Dinkelacker („Thermische Größen und ihre funktionelle Abhängigkeit: Spezifische Wärmen, Verdampfungs- und Sublimationswärmen, Sättigungsdrucke für Eis, Wasser und Wasserdampf bei den in der freien Atmosphäre vorhandenen Temperaturen").

Wettervorgänge behandeln E. Dinies („Dynamik der Fronten") und H. Noth („Zyklogenese"), aerologische Ergebnisse W. Peppler („Temperaturverhältnisse in der freien Atmosphäre über dem Bodensee"; „Böigkeit in der freien Atmosphäre und Wetterlage"). Die Klimatologie ist vertreten durch 2 Arbeiten von W. Busse und von K. Langbeck über die klimatischen Verhältnisse des südlichen Schwarzwaldes. Die atmosphärische Strahlung ist vertreten durch einen ausführlichen Aufsatz von H. Lossnitzer über das Himmelslicht („Qualitativer Zusammenhang zwischen Trübung, Leuchtdichte und Polarisation"), und kleinere Mitteilungen von W. Busse „Strahlungsintensitäten im Südschwarzwald" und W. Kaempfert „Die solare Hangbestrahlung".

Der gut ausgestattete Band zeugt mit seinem wertvollen Inhalt von erfolgreicher Arbeit. J. Bartels.

Eingegangen am 14. September 1949.

Berger, Franz: Handbuch der Drogenkunde. Bd. 1, Untersuchungsmethoden, Cortices-Flores. Wien: Wilhelm Maudrich. 401 S. u. 256 Abb. DMark 35.—.

Der vorliegende Band eines Handbuches der Drogenkunde ist der erste von 6 Bänden, die uns der Autor bescheren will. In diesem ersten Band werden auf 73 Seiten die Untersuchungsmethoden (botanische, physikalische, chemische und biologische) besprochen, anschließend gebräuchliche und obsolete Rinden- und Blütendrogen abgehandelt. Hierbei verfährt der Verf. im allgemeinen so, daß er nach Aufführung der für die Droge gebräuchlichen verschiedenen Namen, Nennung der Stammpflanze, Angabe der Heimat, Bezeichnung der verschiedenen Handelsformen eine genaue morphologische und oft auch anatomische Beschreibung der Droge gibt, dann die Inhaltsstoffe aufführt und schließlich auf die Verwendung der Droge eingeht. Es ist bedauerlich, daß keine Angaben gemacht werden über die alljährlich in den einzelnen Ländern durch Anbau oder Sammlung gewonnenen Drogenmengen, denn solche Angaben sind für den Drogenkaufmann, für den ja wohl dieses Handbuch in erster Linie geschrieben sein soll, bedeutend wichtiger als z. B. die langatmigen Ausführungen im Abschnitt Cort. Chinae über die Bekämpfung der Malaria durch das Chinin. Aber nicht allein durch diese Unterlassung hat das Werk seinen Charakter als Handbuch der Drogenkunde verloren, sondern auch durch die oft mangelhafte Berücksichtigung der Literatur bei einzelnen Drogen. Es sei hier nur erwähnt, daß die Arbeiten von Kern und seinen Schülern über Cort. Condurango nicht erwähnt werden, obwohl sie unser Wissen über die Inhaltsstoffe der Condurangorinde wesentlich erweitert haben. Man gewinnt bei der Lektüre des Werkes den Eindruck, als habe sich der Verf. wenig oder gar nicht bemüht, all das zusammenzutragen und kritisch auszuwerten, was über die einzelnen Drogen von den verschiedensten Autoren in den letzten Jahren bekanntgegeben worden war. Berger hat sich offenbar damit begnügt, das in älteren und anerkannten Handbüchern (z. B. Thoms Handbuch der Pharmazie) sowie in Lehrbüchern Gebrachte wiederzugeben, wobei ihm leider häufig auch Irrtümer unterliefen. Als Beweis für das Behauptete seien einige wenige Beispiele aufgeführt: Berger schreibt auf S. 79 bei Besprechung der Cortex adstringens brasiliensis, „da Vermischungen mit der Rinde von Pithecolobium avaremotemo Mart. immer wieder vorkommen, ist die Frage, ob das in dieser vorkommende Alkaloid Pithecolobin auch in der Stryphnodendron-Rinde vorkommt, vorläufig nicht zu beantworten". Brandt und Wasicky sagen dagegen in Thoms Handbuch auf S. 1085, daß die Rinde von Pithecolobium avaremotemo noch nicht in reinem Zustande untersucht worden ist, man daher auch nicht wisse, ob das in den Rinden anderer Arten von Pithecolobium gefundene Alkaloid Pithecolobin in ihr enthalten ist. Es ist mir nicht bekannt geworden, daß seit Herausgabe des Handbuches von Thoms eine Klärung dieser Angelegenheit erfolgte. Vielleicht ist der Autor hierüber besser unterrichtet als ich. Dann wäre es aber seine Pflicht gewesen, in seinem Handbuch die Literaturstelle zu nennen, der er sein Wissen verdankt. Und 2 Seiten später (S. 81), nachdem er auf S. 80 vergaß, die Familienzugehörigkeit der Stammpflanze zu nennen, schreibt Berger, die Angostura-Rinde enthalte zwei Alkaloide, das Cusparin und das Galipin, des weiteren Galipolin und Cusparein. Dem Verf. ist offenbar nicht bekannt, daß auch die beiden zuletzt genannten Inhaltsstoffe Alkaloide sind, was man bei verständnisvollem Lesen des entsprechenden Abschnittes in Thoms Handbuch (S. 1238) feststellen muß. Darüber hinaus enthält aber die Angost.-Rinde nach neueren Untersuchungen, die noch nicht in Thoms Handbuch haben berücksichtigt werden können, weitere Alkaloide, von denen bislang insgesamt 10 näher untersucht worden sind. Und wieder 2 Seiten später (S. 83) lesen wir in Übereinstimmung mit den Angaben in Thoms Handbuch, daß in Orangeschalen das nicht bitter schmeckende Hesperidin und das bittere, noch nicht hinreichend bekannte Isohesperidin enthalten ist. Die Isoverbindung des Hesperidins, das Neohesperidin, ist inzwischen bestens bekannt geworden. Es unterscheidet sich von Hesperidin durch die andere Verknüpfung der Methylpentose und der Hexose zur Biose, die nicht wie beim Hesperidin eine Rutinose ist. Auf S. 87 muß es heißen Oxyacanthin = Vinetin statt Oxyacanthin-Venetin. Ein bis zwei Zeilen später werden auf der gleichen Seite Palmatin, Jatrorrhizin und Columbamin als Inhaltsstoffe der Berberis-Wurzel angegeben und als Kronzeugen hierfür E. Späth und N. Polgar aufgerufen, jedoch ein Hinweis auf das Literaturverzeichnis nicht gegeben. Den Berichterstatter hätte dieser Literaturhinweis besonders interessiert, da Palmatin, Jatrorrhizin und Columbamin als Inhaltsstoffe der Colombo-Wurzel bekannt sind, nicht aber als solche der Berberis-Wurzel. Da mein Vertrauen zu den Ausführungen im vorliegenden Werk durch die hier aufgezählten und zahlreiche andere Mängel erschüttert worden ist, zweifle ich an der Richtigkeit der Angaben Bergers, bis mir dieser die beweisenden Literaturangaben vorlegt. R. Jaretzky.

Eingegangen am 15. September 1949.

Pincus, Gregory: Recent Progress in Hormone Research. The Proceedings of the Laurentian Hormone Conference, Bd. III. New York: Academic Press Inc. 1948. 378 S. $ 7.80.

Während Band I und II dieser Folge einen Bericht über die "Laurentian Hormone Conference" des Jahres 1944 und 1946 geben, vermittelt der gegenwärtig vorliegende Teil III in Vortragsfolge das Programm dieser Tagung aus dem Jahre 1947.

Die zwölf ausführlichen Kapitel, denen jedesmal wieder in trefflicher Auswahl die wichtigsten Diskussionsbemerkungen angefügt werden, sind in 5 Abschnitte gegliedert, und lassen in ihrer Anordnung einen biochemischen, histochemischen und einen mehr physiologisch gehaltenen Teil erkennen.

Unter dem Titel „Hormone in Wachstum und Stoffwechsel" berichten Ch. H. Li und H. M. Evans „Über die Biochemie des Wachstumshormons des Hypophysenvorderlappens". Die Autoren, denen 1944 bereits die Reindarstellung dieses Wirkstoffes gelang, geben genaue chemische und physikalische Einzeldaten dieser Eiweißmolekel an. In

sorgfältiger Weise wurde vorwiegend nach dem mikrobiologischen Verfahren der Gehalt und die Menge der einzelnen Aminosäuren bestimmt. Die chemisch-präparativen Arbeiten lassen den Schluß zu, daß den freien Aminogruppen und dem Tyrosin eine entscheidende Rolle im Wirkungsmechanismus zufallen. Die an einem ausgedehnten Tiermaterial gesicherten Befunde verlegen den Angriffspunkt des Hormons vornehmlich in den Eiweißstoffwechsel. Mit einer Abnahme des nichtproteinogenen Gesamtstickstoffs geht eine allgemeine Anhäufung von Körperproteinen einher. Der Gehalt an Blutaminosäuren sinkt beträchtlich. Sehr interessant erscheint die direkte Beeinflussung der alkalischen Serumphosphatase, was aus der Zunahme des anorganischen Serumphosphates geschlossen wird. Morphologisch ist unter dem Einfluß des H.W.H. ein gesteigertes Knochenwachstum beobachtbar. Besondere Erwähnung verdient die positive Beeinflussung des Nukleinsäureumsatzes bei Zufuhr des Wachstumshormons.

Den Steroidhormonen sind 3 Kapitel gewidmet. Im ersten berichtet K. MIESCHER in ausgezeichneter Form „Über Beziehungen zwischen Konstitution und Wirksamkeit der Sexogene, mit spezieller Berücksichtigung der „Doisynol-Säuren". Nach einer kurzen Besprechung der Gestagene (= Stoffe mit progesteronartiger Wirkung) und Androgene werden die neuesten präparativen Ergebnisse auf dem Gebiete der Oestrogene diskutiert. Während hierbei vom Stilboestrol-Typus das Octofolin und das p, p'-Diäthoxy-triphenyl-bromaethylen zu erwähnen wären, lassen die Arbeiten von HOREAU und JACQ (1947) erkennen, daß sich die oestrogene Wirksamkeit der Doisynol-Säure-Klasse noch bei relativ einfach gebauten Körpern nahezu vollständig vorfindet. So zeigt 6-Oxy-2-naphthyl-propionsäure, die in der Seitenkette alkyliert ist, im Ratten Oestrus-Test noch $^1/_7$ der Wirksamkeit der racem. — Bisdehydrodoisynolsäure. Das α, α-Dimethyl-β-äthyl-derivat der 6-Oxy-2-naphthyl-propionsäure trägt zu Ehrenv on ALLEN den Namen „Allenol-Säure". Im zweiten Kapitel behandeln S. LIEBERMANN und K. DOBRINER die „Steroidausscheidung bei normalen und pathologischen Zuständen". Während die klinischen Aspekte in einem späteren Teil angekündigt werden, sind hier vornehmlich die chemischen Gesichtspunkte für eine exakte Bestimmungsmethodik berücksichtigt. Dabei lassen die ausführlichen Untersuchungen des Autors über die Hydrolyse der — meist als Sulfate oder Glukuronide im Harn vorliegenden — Keimdrüsenhormone, deren Wichtigkeit zur quantitativen Erfassung erkennen. Mit Hilfe der Infrarot-Spektroskopie konnten 46 Substanzen aus dem menschlichen Urin isoliert werden, unter denen 19 zum erstenmal beobachtet wurden. Das III. Kapitel von H. L. MASON „Harnsteroide bei Nebennierenerkrankungen und der Stoffwechsel der Nebennierenhormone" bringt, da die Versuche mit relativ unspezifischen Methoden ausgeführt wurden, nichts Besonderes. Die im deutschen Schrifttum der letzten Jahre angegebenen Verfeinerungen der Erfassungstechnik bleiben leider unberücksichtigt.

Der dritte Abschnitt befaßt sich mit „Histochemischen und histophysikalischen Methoden in der Hormonforschung". E. W. DEMPSEY berichtet über „Die chemische Zytologie der endokrinen Drüsen". Nach Angabe der Methoden zur Bestimmung von Kohlenhydraten, Lipoiden, Eiweiß oder Enzymen in histologischen Schnitten, werden die Erfahrungen an den einzelnen endokrinen Drüsen abgehandelt. Diese Forschungsrichtung, die zweifelsohne für den Wirkungsmechanismus der Hormone von weittragender Bedeutung sein kann, entbehrt, wie auch aus der Diskussion hervorgeht, einer gewissen Treffsicherheit, da sich die Nachweise im Reagensglas nicht immer mit der gleichen Exaktheit auf ein fixiertes Präparat übertragen lassen. Der zweite Vortrag dieses Abschnittes von C. P. LEBLOND über „Die histologische Lokalisation von radioaktiven Stoffen im Gewebe, erläutert mit Hilfe von radioaktivem Jod" befaßt sich mit der histilogischen Verteilung des radioaktiven, intravenös injizierten Jods in der Schilddrüse. Erwähnenswert wären hier besonders die technischen Fortschritte, die bei der Herstellung von „Radiogrammen" vom Autor erzielt wurden.

Der IV. Abschnitt enthält 4 Kapitel über „Die Physiologie und Funktion des Testes", in denen rein histologisch-funktionelle Fragen wie „Die Hoden beim Hypogonadismus" (W. O. NELSON und C. G. HELLER), „Die Testes-Hypophysen-Beziehungen beim Manne" (von den gleichnamigen Autoren) und „Die Biologie der interstitiellen Zellen der Testes" von CHR. W. HOOKER, besprochen werden.

Zum Schluß werden in 2 Vorträgen die hormonellen Beziehungen zum Blutdruck aufgezeigt. A. C. CORCORAN „Das renale Pressorsystem und der experimentelle und klinische Hochdruck" und H. SELYE „Hochdruck als eine Krankheit der Adaptation".

Das Buch stellt mit seinen rund 800 Literaturzitaten, welche allerdings vornehmlich das angelsächsisch-amerikanische Schrifttum berücksichtigen, für den auf dem Hormongebiet Tätigen und am Wirkstoffproblem Interessierten eine wertvolle Bereicherung dar. F. ZILLIKEN.

Eingegangen am 23. September 1949.

Gustafson, Gösta: The structure of human dental enamel, a histological study by means of incident light, polarized light, phase contrast microscopy, fluorescence microscopy and microhardness tests. Göteborg 1945. [Odont. Tidskr. (schwed.) Suppl. **53** (1945)]. 150 S.

Verf. hat uns eine sehr anregende Monographie der *Zahnschmelzstruktur des Menschen* geschenkt, die im wesentlichen auf gewissen neueren Untersuchungsverfahren (s. unten) ruht. Die Ergebnisse werden an etwa 150 prächtigen zum Teil farbigen Mikrophotogrammen vorgeführt, deren Zusammenstellung (auf Kunstdruckpapiertafeln) am Ende des Buches, bei dem Mangel von Legenden, die Benutzung dieses reichen Abbildungsmaterials leider nicht bequem macht.

In weitem Umfange werden *Anschliffe* (aber auch natürliche Zahnoberflächen) in auffallendem Licht mittels des *Ultropak* geprüft, auch nach Ätzung („Reliefpräparat"); sie können in verschiedenen Richtungen ein und desselben Zahnes, oder nacheinander parallel zur gleichen Ebene angelegt werden. Zum Halten beim Schleifen bettet Verf. den Zahn in „plastisches", durch Aceton leicht erweichbares Holz ein, das aus Holzschabseln besteht, die durch ein Bindemittel zusammengehalten werden. *Färbung nicht entkalkten Schmelzes* geschieht am besten durch Einlegen der Zähne von Jugendlichen in alkoholische Lösung von Diamant-Fuchsin. Anschliffe erlauben gefärbte Flächenbilder in beliebiger Tiefe des Schmelzes zu erhalten. Planparallele Dünnschliffe kann man durch schräges Aufkitten auf den Objektträger bei weiterer Bearbeitung zu geringster Dicke auskeilen lassen. Zur *Fluoreszenzmikroskopie* dienten Schliffe von frischen Zähnen, mit Formol fixiert und dann mit Coriphosphin, Berberinsulfat oder Trypaflavin behandelt, auch für auffallendes Licht. Die so erzeugte sekundäre Fluoreszenz läßt membranöse Gebilde, die in gewöhnlichem Licht leicht Mißdeutungen unterliegen, in die Tiefe des Objektes verfolgen. *Phasenkontrast*-Beobachtung bewährte sich nur für sehr dünne und gut polierte Schliffe. Die Herstellung der Eindrücke zur *Mikro-Härteprüfung* geschah mit der ZEISSschen Apparatur, die Beobachtung der erzielten Marken mit dem Ultropak, da sie mit dem Opak-Illuminator an dem durchscheinenden Schmelz nur schwer zu sehen sind.

Von den Ergebnissen sei folgendes herausgehoben: Verf. setzt sich gleich einigen anderen Autoren insbesondere nach Beobachtungen an geätzten Schliffen für das Vorhandensein einer *Spiralstruktur* im Inneren des Schmelzprismas ein, die mit seiner Entwicklung in Zusammenhang gebracht wird. Den Ref. freilich haben die dafür beigebrachten Bilder nicht recht überzeugen können und er ist der Meinung, daß bei Anwesenheit einer Spiralstruktur ein Prisma nicht das polarisationsoptisch einheitliche Verhalten zeigen könnte, wie es die Regel ist. Der *Querstreifung* der Prismen wird eine komplizierte Periode zugesprochen und die Auffassung vertreten, daß sie nicht durch einfache Schwankungen der Verkalkung erklärbar sei. Der periodische Wechsel der Doppelbrechung, der gelegentlich bis zu Umkehr des Vorzeichens gehen kann, spricht aber doch sehr für Unterschiede in der submikroskopischen Porosität des Kalkes als wesentliche Ursache der Querstreifung. An der *Prismenscheide* zeigte sich auf dem Querschnitt eine Art positives Polarisationskreuz, so daß also der Kalk hier anders orientiert ist als im Prisma selbst. Durch leichte Färbbarkeit und große Widerstandsfähigkeit gegen Säuren verrät die *Scheide* hohen Gehalt an organischer Substanz, während es sich mit der nur sehr spärlich vorhandenen *interprismatischen Masse* gerade umgekehrt verhält; sie soll auch keine Doppelbrechung besitzen. Bei den RETZIUS-*Linien* konnte Verf. keine Beobachtungen machen in dem Sinne, daß sie weniger verkalkt seien als die Umgebung. Die Prismenscheide läßt (färberisch) am Querschnitt eine stärker und eine weniger stark verkalkte Hälfte unterscheiden; damit wird der *arkadenförmige Querschnitt* in Zusammenhang gebracht. Die *Schmelzbüschel* erwiesen sich durch den Vergleich auf verschiedenen Anschliffrichtungen als geringer verkalkte dünne Lagen von Prismen und Scheiden

mit Längsverlauf zur Zahnachse; *Schmelzlamellen* sind abnorm entwickelte Büschel. Die *Schmelz-Dentin-Verbindung* wird der allgemeinen Verknüpfung von Epithel und Bindegewebe eingeordnet. An der Grenze liegt eine Membran vom Charakter der Prismenscheiden; Ähnliches gilt für das *Schmelzoberhäutchen*.

Eine Vorstellung von dem Umfang des Gebietes gibt das etwa 600 Nummern zählende Schriftenverzeichnis, das fast nur den menschlichen Schmelz betrifft. Trotz so erheblicher Anstrengungen zahlreicher Forscher sind wir von einer einheitlichen Auffassung der Schmelzstruktur noch weit entfernt.

W. J. SCHMIDT (Gießen).

Eingegangen am 21. November 1949.

Polyak, S. L.: The Retina. Chicago: Univ. Chicago Press 1941. Neudruck 1948. DMark 80.—.

Nachdem er uns seine Existenz bisher nur durch die Literaturverzeichnisse der in den letzten Jahren dennoch auch bis in die deutschen Laboratorien durchgedrungenen einschlägigen Arbeiten angloamerikanischer Provenienz verraten hatte, ist der „Polyak" nunmehr endlich auch selbst in unsere Hand gelangt. Um es gleich vorwegzunehmen: Nicht nur die allein schon imposante Ausstattung — der Ganzleinenband im Großformat umfaßt neben den 446 Seiten Text und einem rund 3500 Nummern umfassenden Literaturverzeichnis 100 Lichtdrucktafeln —, sondern insbesondere auch der in schon klassisch zu nennendem Stil gefaßte Inhalt machen dies Buch zu einer wahrhaft beispielhaften wissenschaftlichen Arbeit, die sich dem Lebenswerk eines RAMON Y CAJAL, dem bislang unerreichten Altmeister der Retinahistologie, nicht nur ebenbürtig zur Seite stellt, sondern es in mancherlei Hinsicht noch zu ergänzen und nicht unerheblich auszubauen vermochte.

Daran ändert auch die Tatsache nichts, daß sich POLYAKS Arbeit (abgesehen von einigen Ausblicken auf die Netzhaut des Goldadlers) auf die Retina des Rhesusaffen, des Schimpansen und das „vor allem wichtige menschliche Material" beschränkt, bezüglich dessen Erlangung in dem für seine Untersuchungen erforderlichen „vollkommen frischen" Zustande in fast dramatischer Weise die „wahrhaft heroischen Anstrengungen" geschildert werden, die zur Überwindung der vielen „Hindernisse" in Gestalt „der Vorurteile der Öffentlichkeit, des Widerstandes der Behörden" usw. notwendig sind. Der bescheidenen Beurteilung, die POLYAK dem schließlichen Ergebnis all dieser Bemühungen und Anstrengungen zuteil werden läßt, wird man allerdings nicht zustimmen können.

Aus der Fülle der Befunde sei die Unterscheidung von fünf verschiedenen Sorten von Bipolaren (d, e, f, g, h) und ebensoviel retinalen Ganglienzellen (m, n, o, p, s) hervorgehoben, von welch ersteren nur eine einzige (h) „individuell" mit je einem — „ihrem" — Zapfen verbunden ist, um ihrerseits dann wieder stets mit einer (s)-Ganglienzelle (aber auch anderen Ganglienzellsorten) in Verbindung zu treten, mit der jedoch außerdem mehrere Bipolaren anderer Typen (speziell „d") synaptischen Kontakt haben; da jede d-, e- und f-Bipolare die Erregungen mehrerer bis zahlreicher Stäbchen und Zapfen (trotz deren Kommunikation mit „ihrer" h-Bipolare) sammelt, tritt eine Konvergenz der Leitungsbahnen also selbst für die individuell ableitenden Zapfen deutlich in Erscheinung. Ihr steht insofern eine „Divergenz", sowohl in der Ebene der Bipolaren als auch in der der Ganglienzellen gegenüber, als sich an der Erregungsableitung jedes Rezeptors mehrere (speziell d-, aber auch e- und f-)Bipolaren, mit ihren Neuronen und deren Dendriten übereinandergreifend, beteiligen, deren jede dann wieder, genau wie auch die h-Bipolaren, mit mehreren Ganglienzellen (verschiedener Typen) in Verbindung steht. Lediglich im zentralen Bezirk der Fovea scheint das Fehlen von Stäbchen, das von d- (und e- und f-)Bipolaren und das Überwiegen von s-Ganglienzellen eine weitgehend individuelle Ableitung der Erregung jedes Zapfens zu gewährleisten, zumal hier auch die mehrere Zapfen verbindenden Horizontalen (möglicherweise) vollkommen fehlen. Daraus folgt, daß extrafoveal eine in einem Zapfen entstehende Erregung alle Bipolaren- und Ganglienzelltypen zu passieren vermag, während die Stäbchenerregungen, zumindest anatomisch, lediglich zu den h-Bipolaren keinen Zugang haben, zu deren (s-)Ganglienzellen jedoch schon wieder über die anderen Bipolarentypen gelangen können.

Diese Verhältnisse führen POLYAK zwangsläufig zu einer funktionellen Deutung in Gestalt verschiedener Erregungstypen, denen die Benutzung der verschiedenen Wege in unterschiedlicher Weise offen steht und deren Bildung er durch die unterschiedliche Größe und Gestalt der verschiedenen Bipolaren, Ganglienzellen und ihrer synaptischen Verbindungen untereinander wie mit den beiden Rezeptorentypen bedingt wissen will. Sie machen ihm weiter eine Summation der Erregungen mehrerer Sinneszellen in den Bipolaren (und eventuell noch Ganglienzellen) und ferner die Leitung qualitativ wie quantitativ verschiedener Erregungen in den einzelnen Optikusfasern unabweisbar.

Es erübrigt sich, auf die — zur Zeit noch nicht einmal abzusehende! — Bedeutung hinzuweisen, die dieser weiteren Erhellung der retinalen Struktur für die Deutung zahlreicher visueller Erscheinungen zukommt; es sei hier diesbezüglich nur an die Sehschärfe unter verschiedenen physiologischen Bedingungen, den Raumsinn, das Bewegungssehen, die Genese der Farbempfindungen, die neuerdings aufgetanenen retinalen Hemmungen usw. erinnert. Und die Feststellung, daß der erste, bereits in dem vorliegenden Buch von POLYAK selbst unternommene Versuch dieser Richtung in mancher Beziehung zweifellos einen Fehlstoß darstellt, umschließt noch keinen Tadel: sind ihm doch beispielsweise die neuerdings (von TONNER 1943 und LOEVENICH 1949) mitgeteilten und für viele dieser Fragen so wesentlichen Bedingtheiten der Sehschärfe durch die Erregungs- und Empfindungsfläche, das Umfeld und die Wellenlänge des Reizlichts, die eine Lokalisation der Farbsubstanzen in verschiedenen (und nicht, wie POLYAK annimmt, in jedem einzelnen), der Rezeptoren erwiesen, bei der Niederschrift noch unbekannt gewesen.

Eine Besprechung dieses Buches, die seines weitgespannten methodischen und historischen Teils keine Erwähnung täte, würde seinem Charakter nur unvollkommen Rechnung tragen. Während sich der erstere vorzugsweise mit der Technik der künstlichen Degeneration nervöser Strukturen und den (auch von POLYAK bevorzugt benutzten) Färbe- und Imprägnationsmethoden von EHRLICH und GOLGI befaßt, greift der letztere mit seiner Schilderung der Entdeckungsgeschichte der Retina und ihrer Strukturen bis auf das Altertum zurück, von dem wir über die (mit zahlreichen Abbildungen, z. B. aus ALHAZENS — 965 bis 1039! — „Buch der Optik" belegten) Kenntnisse der Araber, die diese wieder, über Spanien, in das abendländische Mittelalter vermittelten, bis an die neueste Literatur geführt werden. Und die "closer examination of the historical events and the forces behind them discloses, that the causal relationships have been either accidental or mechanical" ... und daß "nations and ages have not lived for science, but some of them, when they recognized its value, have used it and furthered it for their own immediate purpose in the struggle for survival ... the study of the historical events convincing one that it was a native wit and an inborn curiosity and desire for knowledge that motivated small bands of scientists here and there to save from the dust of the ages and to dig out from the ruins of the past civilizations the bits of knowledge created and nurtured by the past generations which had perished in the recurrent conflicts into which humanity manages to bring itself time and again".

Wir brauchen nicht erst noch eigens unterstreichen, ein wie leuchtendes Mal auf diesem Wege POLYAK sich mit seinem Buche selbst gesetzt hat!

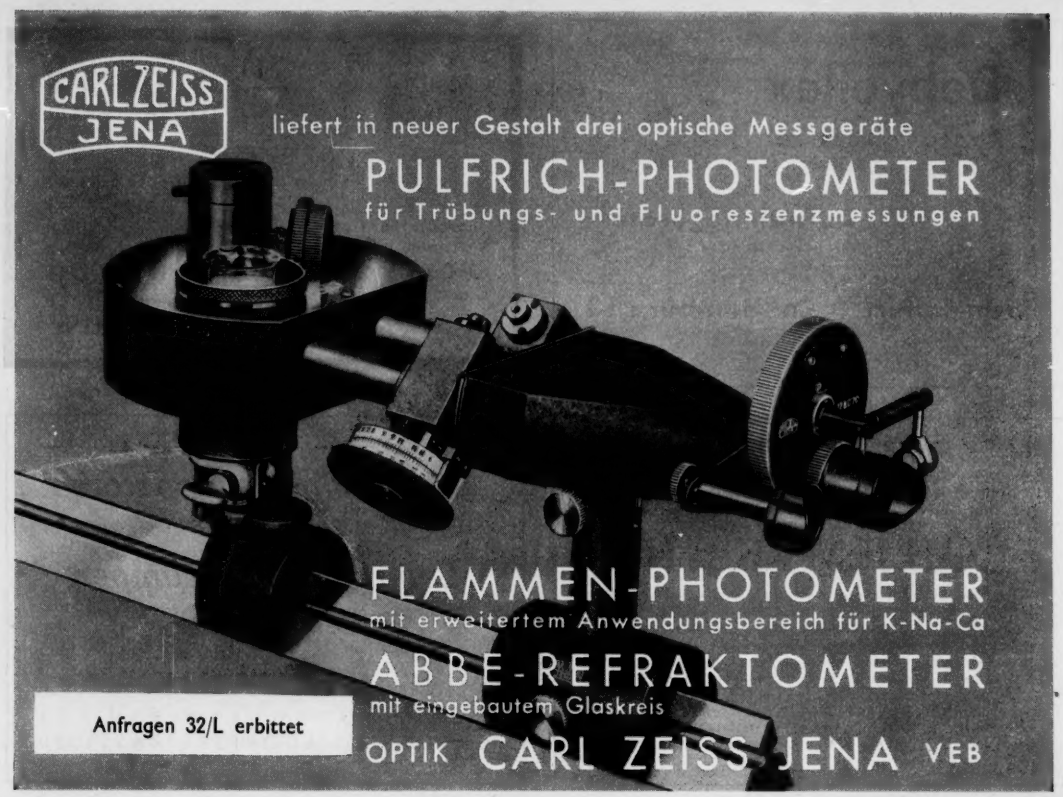
G. v. STUDNITZ.

Eingegangen am 16. November 1949.

Berichtigung.

In Heft 2, Bericht: Jena und Göttingen von B. v. HAGEN, S. 38, unten links Anmerkung muß es richtig heißen: BREDNOW, WALTER und nicht WILHELM.

Verantwortlich für den Textteil: Prof. Dr. Arnold Eucken, Göttingen, Bürgerstraße 50. — Springer-Verlag, Berlin · Göttingen · Heidelberg.
Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg.



Die Kohlenwasserstoff-Synthese nach Fischer-Tropsch

Von

Dipl.-Ing., Dr. techn. **Franz Kainer**

Patentanwalt in Reicholzheim a. d. Tauber

Mit 32 Abbildungen im Text. Etwa 280 Seiten. 1950

Ganzleinen DMark 39.60

Inhaltsübersicht:

Einleitung. Kohlenoxyd-Hydrierung. — Kohlenwasserstoff-Synthese. — Erster Teil: **Herstellung von Synthese-Kontakten.** Trägerfreie Kontakte. Trägerhaltige Kontakte. Oxyd-Kontakte. — **Kontaktgröße und Kontaktform.** — **Nachbehandlung von Synthese-Kontakten.** Eisen-Kontakte. Kobalt-Kontakte. — **Wiederbelebung von Synthese-Kontakten.** — **Wiedergewinnung der Kontakt-Metalle.** — Zweiter Teil: **Synthese-Gas.** Herstellung. Reinigung. Zusammensetzung. Durchsatz. — **Synthese-Temperatur.** — **Synthese-Druck.** — **Synthese-Apparatur.** Mit ruhenden Kontakten. Mit bewegten Kontakten. — Dritter Teil: **Synthese-Verfahren.** Mit ruhenden Kontakten. Mit suspendierten Kontakten. Besondere Synthese-Verfahren. — Vierter Teil: **Synthese-Anlagen.** — **Synthese-Produkte.** Gewinnung. Anwendung. Verarbeitung. — Patentverzeichnis. Namenverzeichnis. Sachverzeichnis.

In Deutschland hat man wegen der beschränkten Vorräte an Erdöl der Gewinnung von Treibstoffen auf synthetischem Wege besondere Aufmerksamkeit zugewandt. Neben dem Verfahren der I.G. Farben und von F. Bergius kommt der unter dem Namen Fischer-Tropsch-Synthese erfolgten Gewinnung von Kohlenwasserstoffen eine besondere Bedeutung zu, da man mit ihrer Hilfe außer Treibstoffen auch hochwertige Schmieröle und wertvolle Ausgangsstoffe für die chemische und Kunststoff-Industrie gewinnen kann. Es erscheint daher gerechtfertigt, eine zusammenfassende Darstellung, die auch die letzten Verbesserungen und Verfeinerungen und die wichtigsten Verwertungen der Synthese-Produkte enthält, zu bringen.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Debyeflex

Röntgenapparat

für Feinstruktur-Untersuchungen

Aufnahmegeräte

der verschiedensten Art

Rich. Seifert & Co. Hamburg 13

Röntgenwerk

UNSER WERK

veredelt seit Jahrzehnten die Oberflächen optischer Gläser

VERSPIEGELUNG

aller Art im Hochvacuum und nach chemischem Verfahren in jeder gewünschten Reflexion

OPTISCHE VERGÜTUNG

durch unseren S-Belag

J.D. Möller · Opt. Werke GmbH. Wedel/Holst.

In der durch Todesfall freigewordenen Stellung des Leiters unserer wissenschaftlichen Abteilung soll einem vielseitigen, kenntnisreichen und erfahrenen, mit der Organisation der neuzeitlichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten vertrauten

CHEMIKER

Gelegenheit gegeben werden, sich durch überdurchschnittliches Können und schöpferische Initiative eine bevorzugte Lebensstellung zu schaffen. Die Betreuung des vorhandenen Mitarbeiterstabes und die mit der Position verbundene Vertrauensstellung setzen außer den fachlichen Bedingungen hohes charakterliches Niveau und menschliche Reife voraus. Herren, die sich zu dieser Aufgabe berufen fühlen, bitten wir um ihre schriftliche Bewerbung unter Beifügung von handschriftlichem Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild usw. an **C. H. BOEHRINGER SOHN**, Chem. Fabrik, Ingelheim a. Rh., Sekretariat Dr. E. Boehringer.

Physikalische Apparate

für den Unterricht

Labor-Vakuumpumpen

MECHANIK

LABOR-PRÜFGERÄTEBAU VEB

CHEMNITZ · ADORFERSTRASSE 20

Destillier- und Rektifiziertechnik

von

Dr.-Ing. **Emil Kirschbaum**

Professor an der Technischen Hochschule in Karlsruhe

Zweite Auflage

Mit 294 Abbildungen im Text und 23 Kurventafeln. XVI, 465 Seiten. 1950

DMark 45.—; Ganzleinen DMark 49.50

Inhaltsübersicht:

Allgemeines. — Theoretische Grundlagen. — Flüssigkeitstrennung durch einmalige Destillation. — Die Rektifiziersäule. — Der stetig arbeitende Rektifizierapparat mit Austauschböden. — Die Rektifikationsvorgänge im Wärmeinhalt-Konzentrationsbild. — Trennung von Gemischen mit mehr als zwei Bestandteilen. — Bestimmung der Abmessungen der Rektifiziersäule mit Austauschböden. Wirkung von Rektifizierböden. — Rektifikation in Füllkörpersäulen. — Flüssigkeitsinhalt einer Rektifiziersäule. — Ausführung von Einzel- und Zubehörteilen. — Anhang: Gleichgewichtswerte für Zwei- und Dreistoffgemische. — Namenverzeichnis. — Sachverzeichnis.

In diesem Buch werden Theorie und Praxis der Destillier- und Rektifiziertechnik knapp, klar und dem neuesten Stand der Wissenschaft entsprechend dargestellt. Es ist für den lernenden wie für den in der Praxis tätigen Ingenieur geschrieben, und seine besondere Stärke liegt in der glücklichen Vereinigung strenger Wissenschaftlichkeit mit ingenieurmäßiger Behandlung des gesamten Gebietes, das in jüngster Zeit an praktischer Bedeutung noch zugenommen hat.

Die erste Auflage (1940) war schon kurz nach Erscheinen vergriffen. Inzwischen haben weitere Forschungen, nicht zuletzt des Verfassers selbst und seiner Karlsruher Schule, eine Reihe von Lücken in der Erkenntnis geschlossen. Die zweite Auflage, die wegen zeitbedingter Schwierigkeiten erst jetzt veranstaltet werden konnte, unterscheidet sich daher nicht unwesentlich von der ersten. So ist die Theorie des gekoppelten Wärme- und Stoffaustausches ausgebaut und vereinfacht, die unter anderem für die Berechnung von Destillier- und Rektifizierapparaten und von Füllkörpersäulen von großer Bedeutung ist. Ferner haben die Vielstoffgemische gegenüber der ersten Auflage eine wesentlich eingehendere Behandlung erfahren. Beträchtlich erweitert wurde der Abschnitt über Füllkörpertechnik, und ganz neu aufgenommen ist eine Betrachtung über Sonderbauarten von Rektifizierböden.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Professor Dr. Arnold Eucken, Göttingen, Bürgerstraße 50. — Verantwortlich für den Anzeigenteil: Hans-Georg Halfter, Berlin W 35, Reichspietschufer 20. — Springer-Verlag, Berlin · Göttingen · Heidelberg. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg. Printed in Germany.